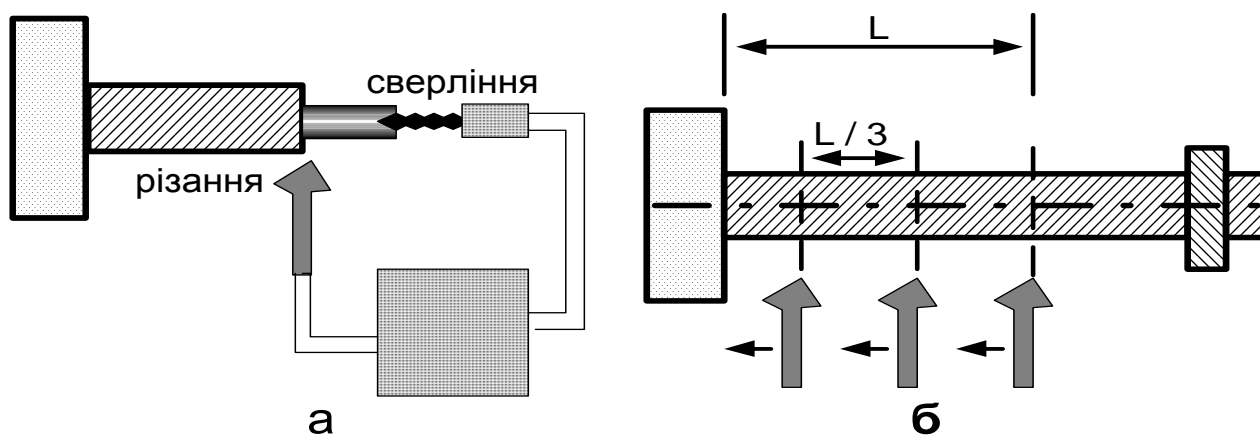


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Г. О. ПЕТЧЕНКО
А. С. ЛИТВИНЕНКО
О. М. ЛЯШЕНКО

ТЕХНОЛОГІЯ СВІЛОТЕХНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Г. О. ПЕТЧЕНКО
А. С. ЛИТВИНЕНКО
О. М. ЛЯШЕНКО

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ СВІЛОТЕХНІЧНОГО
ВИРОБНИЦТВА»

(для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання
напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»
спеціальності «Світлотехніка і джерела світла»)

ХАРКІВ – ХНАМГ – 2011

Петченко Г. О. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія світлотехнічного виробництва» (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спеціальності «Світлотехніка і джерела світла») / Г. О. Петченко, А. С. Литвиненко, О. М. Ляшенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 109 с.

Автори: к.ф.-м.н., доц. Г. О. Петченко,
к.т.н., доц. А. С. Литвиненко,
асист. О. М. Ляшенко

Рецензент: д.т.н., проф. С. С. Овчинников

Рекомендовано кафедрою світлотехніки і джерел світла,
протокол № 7 від 18.05.2010 р.

З М І С Т

	Стор.
Вступ.	4
Лекція № 1. Організація світлотехнічного виробництва.....	5-7
Лекція № 2. Холодна штамповка. Заготівельні операції.....	8-11
Лекція № 3. Вирубка і пробивка.....	12-15
Лекція № 4. Згинання і витяжка.....	16-18
Лекція № 5. Давильні роботи. Механічна обробка.....	19-22
Лекція № 6. Шліфування та полірування поверхонь. Металургійне виробництво.....	22-25
Лекція № 7. Лиття в разові і сталі форми.....	26-30
Лекція № 8. Специфічні процеси лиття. Виробництво деталей СП з полімерних матеріалів.....	30-33
Лекція № 9. Формоутворення деталей з пластмас.....	34-37
Лекція № 10. Формування листових матеріалів. З'єднання виробів з пластмас. Декоративні пластмаси.....	37-40
Лекція № 11. Світлотехнічне скло. Виготовлення скловиробів.....	41-44
Лекція № 12. Декорування скловиробів. Світлотехнічні і захисні покриття.....	45-47
Лекція № 13. Методи і обладнання нанесення лакофарбового покриття.....	48-51
Лекція № 14. Сушіння лакофарбового покриття. Гальванічні покриття.....	52-54
Лекція № 15. Виготовлення відбивачів світильників.....	55-58
Лекція № 16. Обладнання для вакуумної металізації. Гаряче емалювання.....	59-62
Лекція № 17. Складання світильників. Конвеєрне складання СП.....	63-66
Лекція № 18. Контроль СП. Упаковочні операції.....	67-72
Лекція № 19. Електролампове скло: вимоги і типові дефекти	72-76
Лекція № 20. Електролампове скло: внутрішні напруження і відпал.....	76-78
Лекція № 21. Електролампове скло: виготовлення і контроль скляних дротів і деталей ламп з них.....	78-82
Лекція № 22. Електролампове скло: внутрішнє покриття колб.....	82-84
Лекція № 23. Вольфрамовий дріт: вимоги до тіла розжарювання.....	84-85
Лекція № 24. Вольфрамовий дріт: процес виготовлення на виробництві.....	85-88
Лекція № 25. Вольфрамовий дріт: процес виготовлення волоочильних отворів.....	89-90
Лекція № 26. Вольфрамовий дріт: виготовлення і контроль спіралей.....	91-94
Лекція № 27. Виготовлення електродів.....	95-98
Лекція № 28. Виробництво газів на світлотехнічних підприємствах	99-100
Лекція № 29. Промивка і відкачка ламп.....	101-103
Лекція № 30. Газопоглиначі і способи їх нанесення. Виготовлення цоколів ламп.....	104-107
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	108
Додаток 1	109

ВСТУП

Одним з напрямків підготовки фахівців-світлотехніків на кафедрі світлотехніки і джерел світла ХНАМГ є вивчення методик розрахунку, основ конструювання і виготовлення світлових приладів (СП). В Україні існують підприємства, які спеціалізуються на випуску світильників різного призначення і різної номенклатури, наприклад, ВАТ “Ватра” (м. Тернопіль), що потребують кваліфікованих інженерів і проектувальників. Динамічне розширення ринку світлотехнічної продукції є очевидним, доказом чого є зростання кількості магазинів і салонів, що пропонують світильники будь-якого призначення і дизайну.

Аналіз результатів проведеного на кафедрі СДС дипломного проектування свідчить про значний відсоток (не менше 25%) дипломних проектів з розробки СП у загальній кількості робіт. Отже напрямок розробки СП є значущим як для нашої кафедри, так і для країни взагалі. Щодо курсу з технології світлотехнічного виробництва, то він є суттєвою складовою вказаного напрямку підготовки фахівців, а розробка технологічних процесів виготовлення СП є обов’язковою при складанні пояснювальних записок дипломних проектів.

ЛЕКЦІЯ 1

Організація світлотехнічного виробництва

Виробничий процес випуску продукції для будь-якого підприємства складається з низки організаційних заходів, таких як активізація ресурсів підприємства, організація обслуговування робочих місць, одержання матеріалів і напівфабрикатів та вирішення питань їх оптимального використання і зберігання, всі етапи виготовлення елементів конструкцій, їх збирання, питання, пов'язані з транспортуванням матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції, здійснення технічного контролю як продукції, так і обладнання, упакування виробленої продукції тощо. Виробничі процеси розділяють на поточні й непоточні. Для поточного виробництва, на відміну від непоточного, характерний незмінний такт випуску (інтервал часу, за який виробляються деталі певної номенклатури). Окремою складовою є технологічний процес. Під час технологічного процесу деталь набуває необхідну форму і притаманні їй властивості. Технологічний процес містить у собі й побічні заходи (контроль якості деталей і їх транспортування з ділянки на ділянку, очищення деталей від бруду й мастил тощо). Технологічні процеси розрізняють за типами виробництва (наприклад, фарбування чи металізація виробів, штамповка, лиття тощо), тобто за ознакою застосованого метода виготовлення виробу. Технологічний процес виконують на робочому місці (ділянці виробничої площі), де розміщено обладнання, інструмент, підйомно-транспортні засоби, стелажі для зберігання деталей тощо. Технологічний процес складається з операцій, тобто завершених частин процесу, що виконані на одному робочому місці. Саме за переліком операцій визначають кількість працівників, які залучаються до роботи, найменування і кількість обладнання і необхідність у виробничому просторі. Технологічний процес має головну характеристику - трудомісткість. Зниження її за умов збереження якості й собівартості продукції є важливим напрямком енергозбереження у світлотехнічному виробництві. Таке зменшення трудомісткості можливе в першу чергу внаслідок впровадження у виробництво передових технологій і сучасних матеріалів.

Світлотехнічне виробництво, як і будь-яке інше, розділяють на такі типи: одиничне, серійне й масове. Одиничне виробництво - це широка номенклатура виробів при малому обсязі випуску. Приклад - декоративні світильники для освітлення станцій метрополітену (ексклюзив). Серійне - номенклатура дещо вузькіша, обсяг випуску збільшений. Приклад - світильники для адміністративних приміщень (тобто більш типові дизайнерські рішення). Масове - звужена номенклатура, великий обсяг. Приклад - промислові світильники.

Існує таке поняття, як технологічна підготовка (ТП) підприємства. По суті, ТП є сукупність взаємозв'язаних заходів, що забезпечують технологічну готовність підприємств до випуску виробів певної якості при встановлених термінах, обсязі й витратах. ТП виконують відповідні інженерні підрозділи під керівництвом головного інженера підприємства. ТП складається з етапів: розробки технологічних процесів, розрахунку виробничої потужності, вибору рішень щодо планування та

монтажу обладнання, вибору стандартного обладнання, проектування та виготовлення нестандартного обладнання, проектування й виготовлення інструменту, розрахунку рівня потреб у матеріальних і трудових ресурсах..

Залежно від того, для якої кількості виробів розробляють технологічні процеси, їх розділяють на одиничні (одна деталь) й уніфіковані (група деталей). У першому випадку вся інформація про вироб міститься в маршрутній карті (МК) або карті технологічного процесу (КТП), хоча окремі операції можуть бути деталізовані операційними картами (ОК). Зазвичай при одиничних операційних процесах вся інформація, необхідна для виконання операцій, міститься в ОК, а в МК чи КТП використовується для визначення послідовності операцій з прив'язкою кожної операції до позначення на відповідній ОК. Вказані процеси поширені в основному при крупносерійному й масовому виробництві.

Уніфіковані технологічні процеси розділяють на типові й групові. Типовий процес стосується групи виробів, які об'єднані спільними конструктивними і технологічними ознаками. Типові маршрутні процеси розробляють на найскладнішу деталь групи і використовують як основу для розробки технологічних процесів виготовлення інших деталей. Вказані процеси є зручними при крупносерійному виробництві за умови постійної необхідності модернізації поточних ліній. При дрібносерійному і середньосерійному виробництві такі процеси не виправдані. Групові процеси призначені для одночасного виготовлення групи виробів різної конфігурації в конкретних умовах виробництва на спеціалізованих робочих місцях. Комплект технологічних документів на групову технологічну операцію містить всю інформацію щодо обробки кожної деталі групи, яка виконується на фіксованому робочому місці.

Для оцінки світлотехнічного виробництва використовують поняття виробничої потужності, що вимірюється у коштовних чи натуральних показниках.

Розрізняють вхідну (на початок планового розрахункового періоду), вихідну (на кінець планового розрахункового періоду) і середньорічну (виробничі можливості структурної одиниці в середньому за плановий період) потужності. Вихідна потужність поточного розрахункового року є одночасно вхідною потужністю наступного року.

Виробничу потужність зазвичай розраховують окремо по кожній ділянці чи цеху, що дає можливість порівняльного аналізу їх діяльності наприкінці планового періоду. Наприклад, для гальванічного цеху підраховується сумарна площа покриття деталей, для пластмасового цеху – кількість виготовленої продукції в тоннах.

Потужність підприємства в цілому аналізується у відділі головного технолога під керівництвом головного інженера чи його заступника.

Метою цього аналізу є виявлення слабких ділянок і визначення заходів щодо усунення їх наявності в майбутньому. Найзручнішою формою графоаналітичного порівняння потужності структурних одиниць підприємства є стовбчикова діаграма.

Ефективність функціонування світлотехнічного підприємства залежить від планування обладнання, тобто від схеми його розміщення та взаємоув'язання з інженерними комунікаціями і транспортними засобами.

Планування обладнання здійснюють за його видами, за поточним чи предметним принципами. Перший тип найзручніший для підприємств з дрібносерійним чи одиничним виробництвом при постійній зміні номенклатури виробів. Основний його недолік – потребує добре розвинутий парк підйомно-транспортного обладнання. Другий тип планування обладнання визначається послідовністю операцій, яка передбачена технологічним процесом, що зручно при виготовленні виробів постійної номенклатури. Основний його недолік – при переході підприємства на випуск нової продукції ця схема може набути принципових змін. Другий тип визначається створенням окремих ділянок для виготовлення на них декількох однотипних виробів. Приклад – одночасно з випуском світлових приладів (СП) вуличного освітлення проводиться випуск СП побутового призначення. Це зручно для випуску продукції широкої і змінної номенклатури, але є суттєвий недолік – завантаженість обладнання дуже низька, що пояснюється його недостатньою зконцентрованою і зкорельованою на ділянках.

При будь-якому плануванні обладнання виробництво з небезпечними і шкідливими умовами праці відокремлюється. Приклад – ливарні, фарбувальні, гальванічні й пластмасові цехи, ділянки, призначені для емалізації і дзеркалізації відбивачів СП. Планування обладнання має здійснюватись з урахуванням багаторічної стратегії підприємства на розширення випуску продукції.

Розробка технологічних процесів дає змогу визначити норми витрат (перелік) матеріалів, необхідних для випуску продукції певної номенклатури і якості. При визначенні норм витрат враховують планові завдання щодо їх зниження, номенклатуру виробів, обсяг виробництва.

Норми витрат визначають дослідним (на підставі аналізу витрат матеріалів при випуску продукції за певний період) чи розрахунковим (на підставі обліку кожного елемента питомої витрати матеріалу) методом. Перший метод зручний до застосування тільки для підприємств з незмінною номенклатурою, другий дуже повільний у реалізації. Норми витрат лакофарбових покриттів, наприклад, складають за методичними інструкціями щодо нормування цих матеріалів. Норми витрат листових і сортових матеріалів (листова сталь, прокат, профілі тощо), складають за картами розкрою, про які йдеться у подальшому.

Контрольні запитання:

1. Види технологічного процесу.
2. Технологічна підготовка підприємства.
3. Планування світлотехнічного обладнання.
4. Нормування витрат матеріалів.
5. Виробнича потужність світлотехнічного підприємства.

ЛЕКЦІЯ 2

Холодна штамповка

Холодною штамповкою називають технологічний процес одержання деталей чи готових виробів з листового матеріалу шляхом їх вирубки або пробиття з вихідної заготовки, а також подальші зміни їх форми внаслідок витяжки чи згинання. Холодною штамповкою виготовляють корпуси і відбивачі СП різних модифікацій, ущільнювачі, затискачі, монтажні плати, кронштейни тощо.

Розрізняють такі види холодної штамповки:

1. Вирубка (із заготовки деталі вирізають виріб заданої форми).
2. Пробивка (у заготовці здійснюють вирубку отвору необхідної форми).
3. Згинання (зміна форми деталі чи заготовки в одній чи кількох площинах).
4. Витяжка (виготовлення порожнистої деталі з листової заготовки).
5. Чеканення (нанесення на поверхню деталі рельєфного рисунка).
6. Формовка (засіб придання конструкції додаткової жорсткості).

Холодна штамповка відноситься до найбільш розповсюджених методів обробки металів у виробництві СП. У штампувальному виробництві технологічний процес виготовлення деталей визначається інструментом. Після кожного робочого ходу пресу виходить деталь чи заготовка. Тому при правильно розробленому процесі, відповідному виготовленні штампів і фіксованому матеріалі стає можливим виготовлення ідентичних деталей необхідної точності, що не залежить від кваліфікації працівника, який обслуговує штамп. Таким чином, перестає бути необхідним 100%-ний контроль деталей, при цьому достатньо вибіркового чи статистичного контролю для спостереження за станом штампувального інструмента. Холодна штамповка надає технологічні можливості одержати з досить тонких матеріалів достатньо жорсткі деталі складної конфігурації. Використання тонких матеріалів має суттєве значення для світлотехнічних приладів, бо одночасно зменшується вага приладу і зменшується витрати матеріалу – основного і допоміжного (наприклад, травника). Велике значення за умов масового виробництва має висока продуктивність, що одержується за рахунок механізації та автоматизації штампувальних робіт.

За характером деформацій штамповку можна розділити на деформації з місцевим роз'єднанням матеріалу шляхом зрізу і пластичні деформації, через які форма заготовок набуває об'ємних змін.

Заготівельні операції

Методом холодної штамповки з прокату чорних металів (наприклад, сталь чи чавун), алюмінію чи латуні виготовляють більшість елементів СП. Операції розрізання широких заготовок на заготовки, з яких беспосередньо виготовляють деталі, називаються заготівельними. При цьому найчастіше використовують рулонний матеріал з товщини 0,5—1,5 мм (шириною до 1,5 м), різку якого здійснюють на дискових ножицях. Схема їх наведена на рис.1.

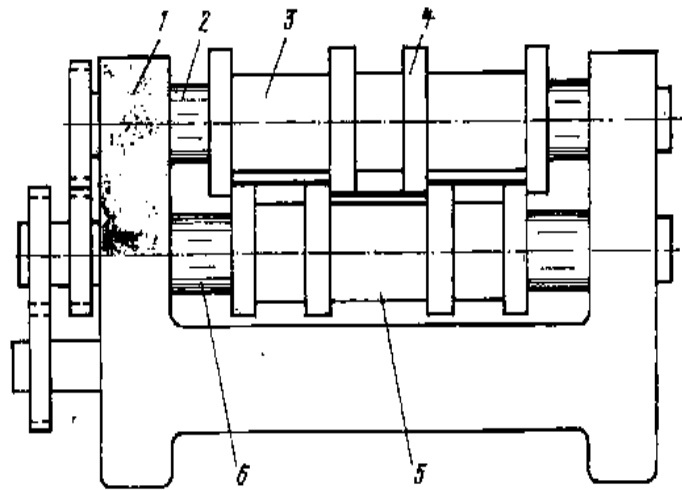


Рис.1 - Дискові ножиці

Згідно з рис.1, до станини 1 вмонтовано рухомі вали 2. Між дисковими ножами 4 закріплено розпорні втулки 3, довжина яких визначає розмір заготовки. Якщо вказану схему модернізувати гумовими ущільнювачами, розміщеними додатково на втулках, що призначені для строгої фіксації заготовки, то можна одержати досить прецизійний інструмент з точністю зрізу до 0,05 мм. Кутова швидкість дискових ножиць досягає 1,5 м/с, завдяки чому продуктивність їх роботи є високою. Верстат з ножицями нерідко оснащений спеціальним пристроєм, що перемотує вже розрізаний матеріал на секційні котушки і запускає у виробництво.

Для розкрою листових заготовок використовують гільйотинні ножиці. Їх конструкція загальновідома, тому наводити відповідний рисунок немає потреби. Достатньо нагадати, що вони складаються із станини, на якій вмонтований нижній нерухомий ніж, і верхнього ножа, дещо відхиленого на незначний кут стосовно нижнього (для зменшення зусиль різання). Гільйотинні ножиці обмежені в плані товщини заготовки. Розрахунок максимальної товщини листа заготовки, що є допустимою для різання такими ножицями, здійснюють за емпіричною формулою

$$S = S_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ср}}}{\sigma'_{\text{ср}}}},$$

де S – максимальна товщина матеріалу, що підлягає різанню, за паспортом гільйотинних ножиць;

$\sigma_{\text{ср}}$ – опір зрізу за паспортом ножиць;

$\sigma'_{\text{ср}}$ – опір зрізу для даного матеріалу.

Допустимі відхилення на ширину заготовок (що залежать від товщини листа і ширини заготовки) наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Допуски на ширину смуг заготовок.

Товщина матеріалу, мм	Ширина смуги стрічки, мм				
	До 50	50-100	100-200	200-300	> 300
< 0,5	0,25	0,5	0,75	1	1
0,5-1	0,5	0,75	1	1	1
2	0,75	0,75	1	1,25	1,5
3	1	1	1,25	1,5	1,5
4	1	1,25	1,5	1,5	2
5	1	1,25	1,5	1,5	2

Порівнюючи гільйотинні й дискові ножиці, можна відзначити перевагу дискових (значна продуктивність, вища точність). Проте в них є і недоліки – невисока стійкість ножів і складна первинна наладка.

Розмір і конфігурація заготовок, що відрізаються ножицями, залежать від подальшої технології виготовлення деталі. Найчастіше такі заготовки призначені для подальшої холодної штамповки. Перед штамповкою складають карти розкрою матеріалу. При цьому застосовують графічне моделювання – з шільного паперу вирізають макети деталей, намагаючись розташувати їх на смузі матеріалу найбільш раціонально, мінімізуючи витрати матеріалу. Є кілька правил раціонального розкрою. По-перше, деталі на смузі треба розташовувати таким чином, щоб ширина смуги була максимальною, а відстань між деталями – мінімальною. По-друге, ширина смуги має бути рівною чи кратною ширині листа, з якого вона вирізається. Іноді, коли форма деталі не зручна для шільного впорядкування (наприклад, сферична), деталі групують на карті розкрою у кілька рядків на смузі. На рис.2 наведено різні варіанти розкрою матеріалу. Як можна побачити, варіанти а) і б) демонструють вплив складної конфігурації деталі на зменшення ефективності розкрою, варіанти в) показують максимальне зменшення витрат матеріалу внаслідок вибору простої форми заготовки.

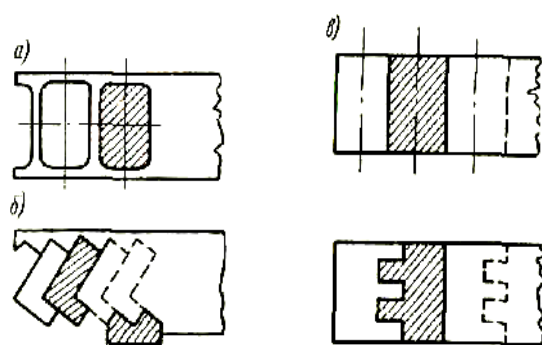


Рис.2 - Розкрій матеріалу

Для визначення якості розкрою зручно застосовувати так званий коефіцієнт використання матеріалу:

$$F = (m \cdot n) / M,$$

де m – маса деталі, що вирізається;

n – число деталей у смузі;

M – маса смуги.

Ознакою доброго розкрою є близькість вказаного коефіцієнта до одиниці.

Контрольні запитання

1. Види холодної штамповки.
2. Переваги холодноштампувальних методів.
3. Заготівельні операції.
4. Переваги й недоліки дискових і гільйотинних ножиць.
5. Обмеження за товщиною матеріалу для дискових ножиць.
6. Карти розкрою.

ЛЕКЦІЯ 3

Вирубка і пробивка

Вирубкою називається вирізка матеріалу за замкнутим контуром на пресах із застосуванням штампів при одержанні зовнішнього контура деталі, а пробивка – при одержанні внутрішнього контура деталі. Преси, що застосовуються при вказаних операціях, за способом своєї дії розділяються на механічні, електромагнітні, пневматичні і гідравлічні, а за режимом роботи – звичайної, подвійної та потрійної дії. Преси звичайної дії призначені для вирубки, пробивки, згинання та неглибокої витяжки. Преси подвійної та потрійної дії оснащені відповідно двома та трьома повзунами замість одного і використовуються при глибоких витяжних і давильних роботах. Основною характеристикою преса є його номінальне зусилля.

Для здійснення операцій вирубки і пробивки використовуються вирубні штампи, різні за класифікацією. Схема одного з варіантів промислового штампу (блочного штампу) наведена на рис.3.

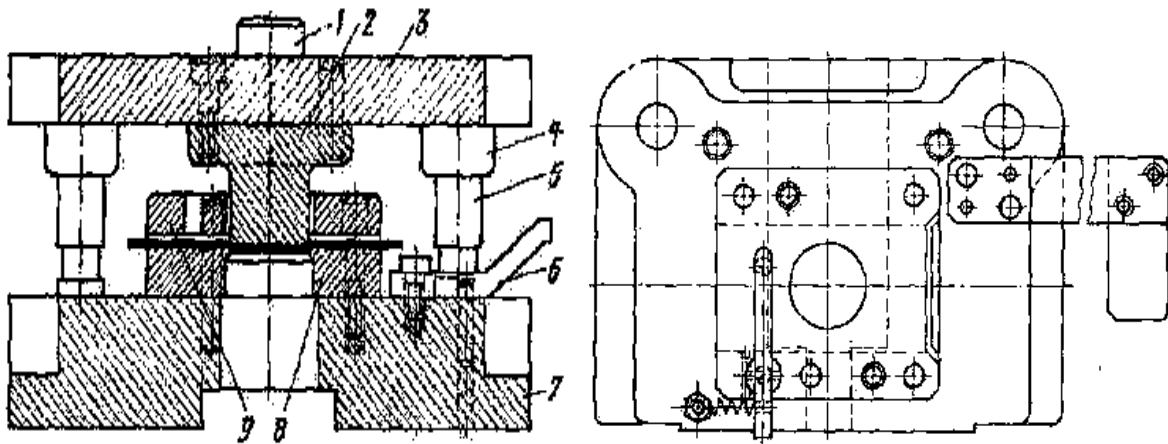


Рис.3 - Вирубний штамп

Деформуюче зусилля штампу здійснює пуансон, який кріпиться гвинтами до рухомої плити 3, що утримується на повзуні преса фіксатором 1. На нижній плиті 7 міститься матриця 8. Заготовка притискається до матриці притискачем 9. Для обмеження ступенів свободи ходу пуансона у верхню плиту запресовано втулки 4, що вільно переміщуються вздовж спрямовуючих колонок 5. При ході повзуна преса вниз матеріал протискається пуансоном у матрицю. Процеси вирубки та пробивки складаються з чотирьох основних моментів (див. рис.4): пружним стисненням, стисненням з вигинанням і видовженням, появою сколів та відокремлення деталі від оброблюваного матеріалу. Якість зрізу, потрібне зусилля вирубки і стойкість основних елементів (пуансона і матриці) значною мірою залежать від величини зазору між пуансоном і матрицею.

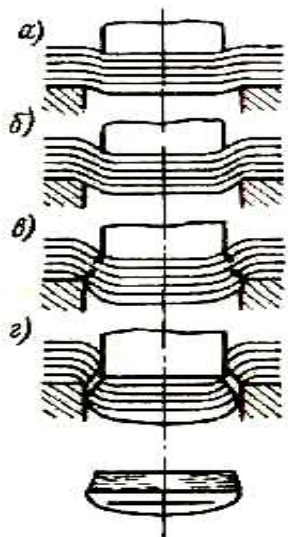


Рис.4 - Основні етапи вирубк
та пробивки

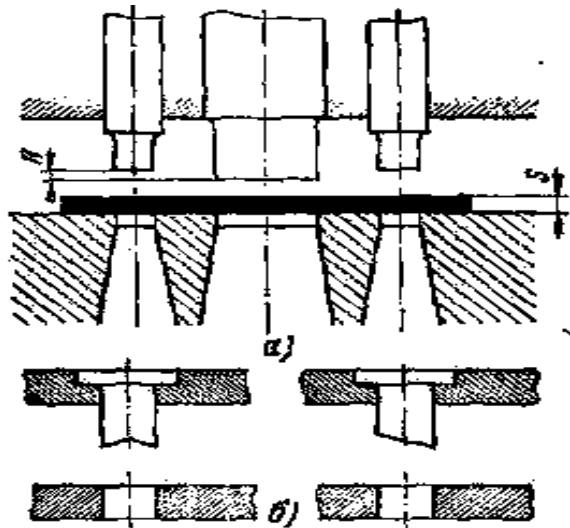


Рис.5 - Нестандартні пуансони

Зусилля, необхідне для вирубк чи пробивк для деталі будь якої конфігурації, можна визначити за формулою

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{зр},$$

де L – периметр деталі, що вирубасться; S – товщина деталі; $\sigma_{зр}$ – опір зрізу. Видно, що чим м'якіша і тонша заготовка, тим вона потребує менших зусиль для обробки. Після того, як визначено зусилля вирубк, можна за емпіричною формулою знайти необхідне зусилля преса:

$$P_{преса} = 1,3 \cdot P.$$

Як видно, воно береться із “запасом”. Це пояснюється необхідністю урахування зусиль на просунення деталі крізь матрицю (фактично, подолання сили тертя).

На практиці трапляються випадки, коли номінальна максимальна потужність існуючих у наявності штампів недостатня для вирубк чи пробивк. У такому разі доцільно використовувати нестандартні пуансони (рис.5), які дещо зменшують величину розривного зусилля. Щоправда, на використання таких пуансонів існує обмеження: $R \geq 5 \cdot S$, де R – розмір отвору, що вирізається.

За технологічною ознакою штампи розділяють на прості (виконується лише одна операція) і комбіновані (декілька операцій). Прикладом простого штампу є зображений на рис.3. Комбіновані штампи розділяють на сумісні (або компаундні) і послідовні. Сумісними штампами називають такі, в яких на одній робочій позиції об'єднані різні технологічні операції та за один хід преса виробляється готова деталь чи напівфабрикат. Прикладом може бути штамп, в якому одночасно здійснюється вирубк, витяжка та пробивк деталі.

Розміри деталі визначаються розмірами робочих інструментів штампу і не залежать від точності подання стрічки. Послідовні штампи являють собою сукупність різних операційних штампів, об'єднаних у спільному блоці, в межах якого заготовка пересувається з позиції на позицію разом із стрічкою. Відокремлення виробу здійснюється на останній операції. Тут слід зауважити, що штампи вказаного типу є найзручнішими при виготовленні

цоколів ламп. Таке пересування заготовок з позиції на позицію вигідно відрізняється, скажімо, від грейферного, яке обмежується кінематикою грейферного механізму. Це питання більш детально розглядається у частині “Технологія виробництва джерел світла”. Розміри деталі, виробленій на послідовному штампі, визначаються не тільки станом інструмента, але й точністю подання матеріалу до робочої зони. Тому при послідовній штамповці деталей рекомендується передбачати у штампах додаткову фіксацію стрічки. Послідовна штамповка дозволяє застосовувати високошвидкісні преси (250-400 ходів за хвилину), що забезпечує її високу продуктивність. Такої переваги позбавлена компаундна штамповка (швидкість руху преса не перевищує 70 ходів за хвилину). Вважають, що компаундні штампи гірші, ніж послідовні (крім низької продуктивності, вони мають меншу ударостійкість і викликають зайві труднощі при поточному і капітальному ремонті). У серійному світлотехнічному виробництві впроваджено УЗШ (універсальні збірні штампи), що при необхідності можуть модернізуватись у штамп будь-якого типу.

За конструктивною ознакою штампи бувають відкритого або закритого типу. Відкриті штампи використовують тільки в дослідному виробництві. Вони найпростіші за конструкцією, але це їх єдина перевага в порівнянні з іншими. Хід пуансона в таких штампах ніщо не спрямовує, отже точність вирубки деталей у них мізерна, крім того робочі елементи швидко псуються. До того ж ці штампи небезпечні для робочого персоналу. Закриті штампи тому й називаються закритими, що рухома плита не має зайвих ступенів свободи. Тут висока точність роботи і знижене спрацювання обладнання. Ці штампи розрізняють на блочні (рух пуансона обмежується спрямовуючими колонками) і пакетні (обмеження площиною, поперечною до матриці).

Штампи розрізняють і за експлуатаційною ознакою. Наприклад, це штампи з ручним і автоматичним поданням матеріалу в робочу зону. Серед автоматизованих штамів найбільшого розповсюдження набули штампи з валковим поданням матеріалу (який згорнутий у рулон). При робочому ході пуансона (вниз) валки (дві пари зверху листа заготовки і дві пари знизу) не обертаються і працюють на фіксацію заготовки. При зворотньому ході спрацьовує система передач, і валки починають обертатися. Їх рух просуває рулонний матеріал на певну (відрегульовану) відстань. Ця схема набула особливого застосування при штампуванні деталей з металічної стрічки. Валкова штамповка також зручна у плані нанесення мастила на робочі елементи преса (що зменшує їх спрацювання). Для цього достатньо пропускати стрічку через посудину з мастилом (нижні валки мають бути занурені в мастило, а верхні – ні). При перемотці рулона мастило постійно наноситься на матрицю з пуансоном.

Існує таке поняття, як стійкість штампу. Розрізняють повну стійкість штампа (кількість деталей, що виробляються на штампі до його повного спрацювання) і стійкість між двома переточками робочих частин. Стійкість штампа зумовлюється технологічними і конструктивними чинниками. Технологічні чинники – це клас точності штампа (робочі частини працюють у раціональному режимі), умови установки заготовки на штампі і чистота її

поверхні, своєчасність профілактичного ремонту. Конструктивні чинники – це власне конструктивні недоліки і переваги штампа (наприклад, спрямовуючі колонки суттєво впливають на підвищення стійкості штампа) і матеріал, з якого виготовлені робочі елементи. Наприклад, леговані сталі (тобто сталі, в які введено домішки, що обмежують рухливість дислокацій при навантаженні матеріалу і через це зміцнюють матеріал) є добрим матеріалом для виготовлення елементів штампа. Зміна стійкості штампа залежно від товщини оброблюваного матеріала показана в табл. 2.

Таблиця 2 - Повна стійкість штамів

Тип штампа	Товщина матеріалу, мм	Стійкість	
		Вуглецева сталь марок У8А, У10А	Легована сталь марок Х12М, Х12Ф1
Вирубний	0,2-0,5	800-1000	1200-1500
	1,5	500-650	650-900
	3	350-500	500-650
	6	250-400	450-550
Пробивний	< 4	250-350	450-650

Стійкість твердосплавних штамів у 50 разів перевищує стійкість легованих штамів і сягає мільйонів деталей до повного спрацювання. Однак такі штампи доцільно впроваджувати тільки у масовому виробництві СП. Річ у тому, що на їх виготовлення треба багато часу і коштів для придбання алмазно-заточного обладнання. Тому у одиничному і серійному виробництві СП дешевшою є наладка і експлуатація штамів з легованих сталей.

Контрольні запитання

1. Вирубка і пробивка. Обладнання для виконання цих операцій.
2. Класифікація штамів, їх різновиди.
3. Стійкість обладнання.

ЛЕКЦІЯ 4

Згинання і витяжка

Ці операції є найбільш розповсюдженими серед формозмінювальних операцій, що засновані на пластичному деформуванні матеріалу.

Під згинанням розуміють процес повороту частини заготовки відносно лінії згину в одній чи кількох площинах (див. рис.5).

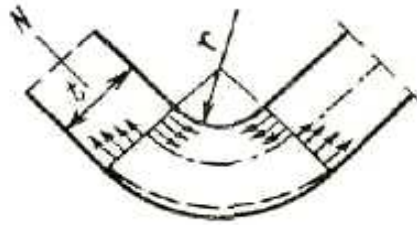


Рис.5 - Схема процесу згинання

При згинанні заготовок на певний кут треба враховувати пружну складову деформації, на яку зменшиться загальна деформація заготовки. Ця складова залежить від сорту і стану матеріалу, що деформується, а також від відношення r / t , де r – радіус згинання, t – товщина матеріалу. При виготовленні деталей згинанням виконується розрахунок розмірів вихідної заготовки. Її довжина має бути рівною довжині нейтральної прошарку N зігнутої деталі.

Згинанням виготовляють такі елементи СП як різноманітні кронштейни, затвори, корпуси СП з ЛЛ тощо. У виробничому масштабі згинання автоматизоване і виконується на прес-автоматах. На рис. 6 показано послідовність виготовлення деталі непростої форми.

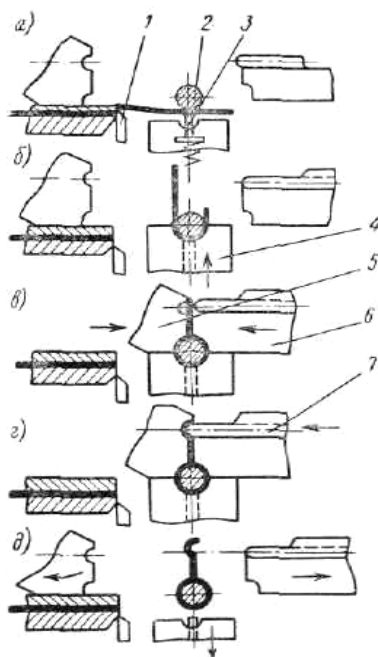


Рис.6 - Автоматизоване згинання.

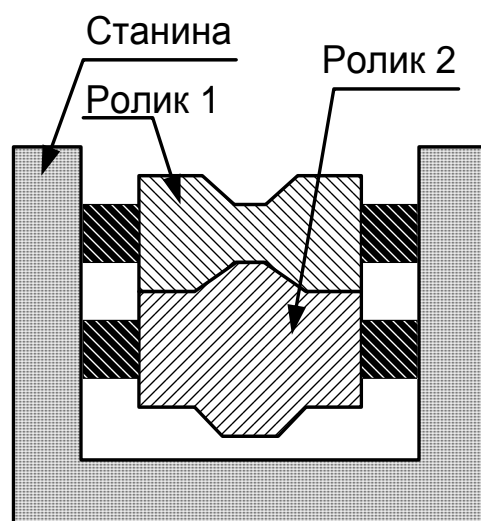


Рис. 7 - Роликовий стан

Як видно з рисунка, основні етапи згинання деталі такі:

- а) фіксація заготовки притискувачем 3 до нерухомої оправки 2 і її відріз ножем 1;
- б) –перший згин заготовки рухомим повзуном 4;
- в) підведення інструментів 5 і 6;
- г) формування канавки пуансоном 7;
- д) відведення робочих елементів і одержання готової деталі.

Для виготовлення елементів СП коробчастої форми (корпуси, монтажні плати тощо) зручно використовувати роликові стани (див. рис.7). Для їх заправки застосовується рулонний матеріал товщиною до 2,5 і шириною до 250 мм. З таких станів зручно збирати поточну лінію, надійність якої є високою.

Витяжкою з плоскої заготовки виготовляють порожнисті деталі замкнутого контура (див. рис. 8).

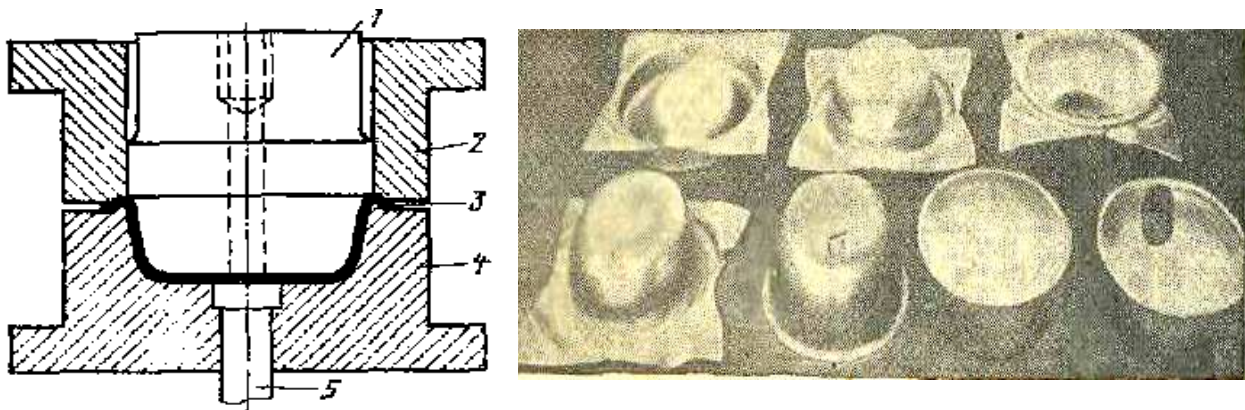


Рис.8 - Схема витяжки і деталі, отримані витяжкою

Плоска заготовка 3 притискується притискним кільцем 2 до матриці 4. Надання заготовці форми матриці здійснюється пуансоном 1. Виштовхувач 5 звільняє готову деталь. Зусилля притискного кільця має регулюватись таким чином, щоб не було ковзання заготовки, що призведе до згорток на деталі (надто слабкий притиск) і не було розриву матеріалу заготовки (надто жорсткий притиск). Якщо ввести позначення: d – максимальний розмір (діаметр) заготовки, а h – глибина її пластичного деформування пуансоном, то відношення d / h визначатиме ступінь витяжки. При $d / h < 0,5$ витяжна називається глибокою. Найзручнішою реалізацією витяжки є виготовлення деталей простої форми – порожнистих циліндрів (корпуси СП), пустотілих напівсферичних деталей (відбивачі СП). Якщо форма деталі складна і технологічний процес витяжки не є тривіальним, його спрощують, тобто розділяють на окремі елементарні складові, внаслідок чого витяжка стає поетапною. У такий спосіб виготовляють і прості деталі з великою глибиною витяжки. Останнє треба пояснити окремо. Річ у тому, що якщо глибоку витяжку здійснювати за один підхід, метал заготовки, з великою імовірністю, розірветься. Деформація, що виникає при активному навантаженні матеріалу, є функцією часу. Відомо, що границя плинності для одного й того ж матеріалу може збільшуватись чи зменшуватись залежно від швидкості зовнішнього навантаження. Все це нагадує про релаксаційні процеси в твердому тілі, що тривають одночасно з його деформуванням. Не вдаючись у нюанси

дислокаційної фізики, відзначимо, що збільшення кількості етапів витяжки надає матеріалу можливість “скинути” значнішу частину внутрішнього напруження, що сприятиме збереженню його міцності. Аналогічного ефекту можна досягнути і при двох етапах витяжки, але з високотемпературним відпалом матеріалу в проміжку між навантаженням. Вважається, що для якісного відпалу необхідне нагрівання матеріалу до температури $T \approx 0,8T_{пл.}$, де $T_{пл.}$ – температура плавлення матеріалу і уповільнене охолодження (температура зниження температури приблизно 10-15 °С/год.). Такий відпал бажано виконувати у вакуумній печі (для запобігання окисленню) або у звичайній печі з подальшим травленням матеріалу – до зникнення окалини.

Іноді є необхідність у виготовленні деталей, поперечний розмір (максимальний) яких менше горловини (зрізана куля). Звичайний пуансон тут не підійде і його роль має виконувати, образно кажучи, “еластичний” пуансон, наприклад, рідина, що подається під значним тиском. Таку витяжку називають гідравлічною.

Повертаючись до звичайної витяжки, слід відзначити, що працездатність пари “пуансон-матриця” зростає при відповідному догляді за ними, зокрема при їх періодичному змащуванні. Для витяжних робіт застосовують такі мастила - графіт, тальк чи крейду.

Контрольні запитання

1. Згинання, його особливості.
2. Промислові схеми згинання.
3. Витяжка, критерій її глибини, гідравлічна витяжка.
4. Чому є необхідним відпал деталей?

ЛЕКЦІЯ 5

Давильні роботи

У одиничному та серійному світлотехнічному виробництві часто виникає потреба у виготовленні деталей осесиметричної форми (наприклад, відбивачі СП промислового освітлення, прожектори). Крім витяжного обладнання, для такої роботи підходять і давильні стани. Схема їх наведена на рис. 9.

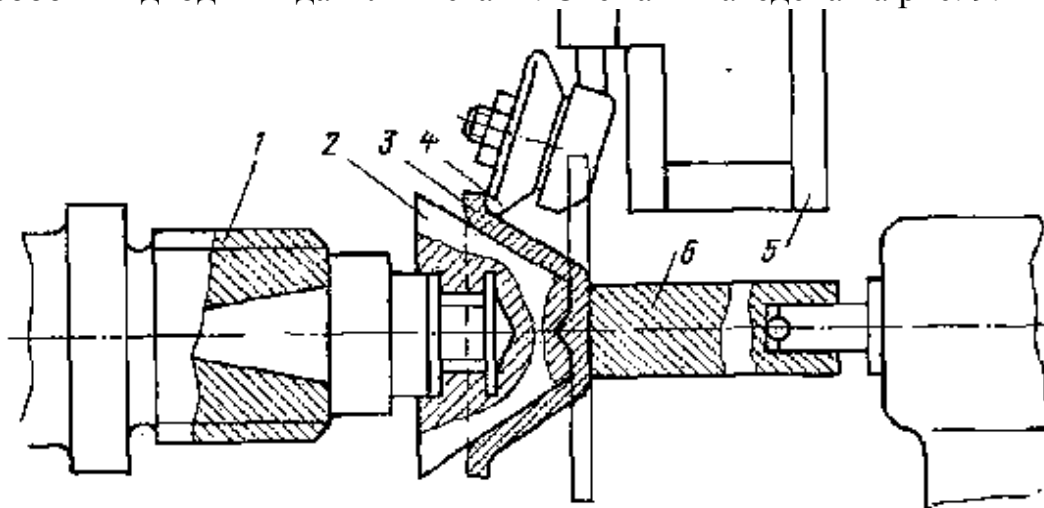


Рис. 9 - Стан з давиліною оправкою

На шпиндель 1 насаджено давиліну оправку 2, профіль якої відповідає необхідній формі майбутньої деталі. Плоска кругла заготовка 3, отримана на вирубному стані, притискується до оправки притискним гвинтом 6. При обертанні шпинделя давильний ролик 4, переміщення якого у площі креслення керується приводом 5, заготовка згинається, приймаючи форму оправки. Ця схема може бути оснащена додатковим до 4 роликом, функція якого полягає в обрізці верхньої кромки заготовки.

Оправку виготовляється з дерева при експериментальному виробництві, або з металів (алюміній, сталь) чи сплавів (чавун) при поточному виробництві.

У ротаційному способі виготовлення деталей СП осесиметричної форми, який широко використовується у світлотехнічному виробництві, принцип роботи той самий, з тією тільки відмінністю, що обертається не оправка навколо заготовки, а навпаки.

Якщо форма заготовки ускладнена, технологічний процес розділяється на кілька простих операцій, що називаються переходами (на одному і тому ж давильному стані використовують різні оправки). Кількість таких переходів для деталей різної форми при різній глибині давильних робіт наведена у табл. 3.

Таблиця 3 - Кількість переходів для давильних робіт.

h/d	Форма деталі		
	циліндрична	сферична	конічна
< 1	1	1	1
1,1-1,5	1-2	1	1
1,6-2,5	2-3	1-2	1-2
2,6-3,5	3-4	2-3	2-3
3,6-4,5	4-5	3	3-4
4,6-6,0	5-6	4	4

Видно, що при давильних роботах, як і при витяжних, виконується один і той же критерій глибини: якщо $h / d > 2$ ($d / h < 0,5$) давління є глибоким (більше одного переходу).

Деталь, одержана на давильному стані, потребує подальшої обробки. Річ в тому, що на її зовнішній поверхні залешаються концентричні сліди від давильного ролика. Їх можна позбутися при обробці деталі шабером (за шабер – це пластинка, загострена з одного кінця, що використовується для скобління металів), або наждаковим папером.

Механічна обробка

Механічна обробка є процесом руйнації матеріалу заготовки, наслідком якого є готова деталь. Найбільш розповсюдженим інструментом при цьому є різець (див. рис. 10).

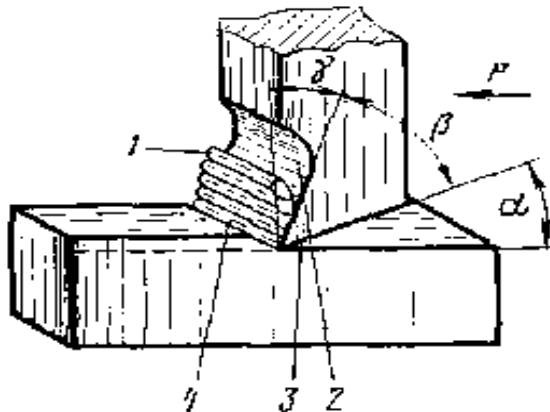


Рис. 10 - Різець.

Робоча частина різця 1 складається з передньої поверхні 2 (якою сходиться стружка) задньої поверхні 3 і ріжучої кромки 4 (лінія перетину двох вказаних поверхонь).

Результивна сила, під дією якої знімається стружка, визначається як $F = P / \sin \beta$, де P – сила, прикладена до різця.

Різці мають бути виконані з червонистійкого матеріалу, тобто такого, що витримує теплове навантаження. Це навантаження є наявним внаслідок того, що 99,5% механічної роботи йде на виділення тепла, і тільки 0,5% переходить у

потенційну енергію гратки деформівного матеріалу. Виділене тепло частково (60%) уноситься стружкою, частково поглинається деталлю і інструментом. Таким чином температура на різці може досягати близько 1500 °С. Пам'ятаючи про те, що високотемпературна деформація в будь-якому матеріалі починається від температур, близьких до $0,5 T_{пл}$ (звільнення дислокацій від домішкової атмосфери Котрелла і їх активне пересування), треба обирати тугоплавкий матеріал для різця.

Розповсюдженими механічними операціями у світлотехнічному виробництві є токарні, фрезерні й сверлильні. Токарні застосовують для обробки деталей з формою тіла обертання (вали, втулки, диски). Сверлильні операції використовуються для обробки корпусних деталей СП і забезпечують 6 клас шорсткості ($Ra = 2,5$) поверхні і точність обробки за діаметром 0,05-0,08 мм. Різновидами сверлильних операцій є розсвердлювання, розгортання, зенкерування і цекування. Фрезерні операції застосовуються для проточки деталей СП. На світлотехнічних підприємствах широко використовуються високопродуктивні фрезерні верстати з ЧПУ (числовим програмним управлінням). У таких верстатів вся інформація, необхідна для виконання обробки деталі задається у числовому вигляді і вводиться у керувальний орган.

Для економії часу, на промислових станах ці операції часто реалізовані у паралельному виконанні (рис.11, а). Того ж ефекту можна досягти і шляхом зменшення розрахункової довжини оброблювальної заготовки (рис.11, б).

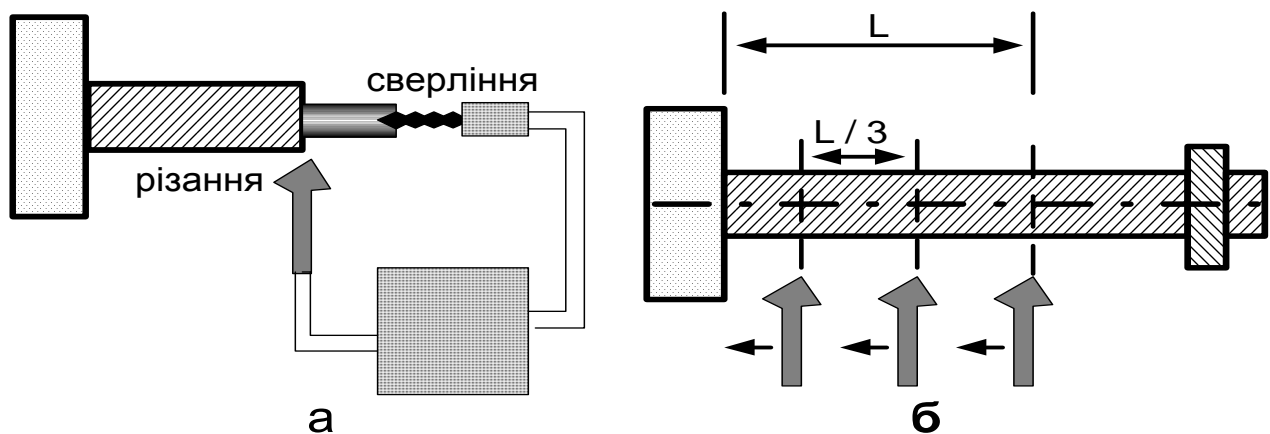


Рис.11 - Схеми підвищення ефективності механічної обробки

Завершуючи розгляд грубих методів механічної обробки, звернемо увагу на електрофізичний спосіб різання. Цей метод часто використовується у допоміжному світлотехнічному виробництві – при виготовленні штампів і ливарних форм. Схематично цей метод наведено на рис. 12.

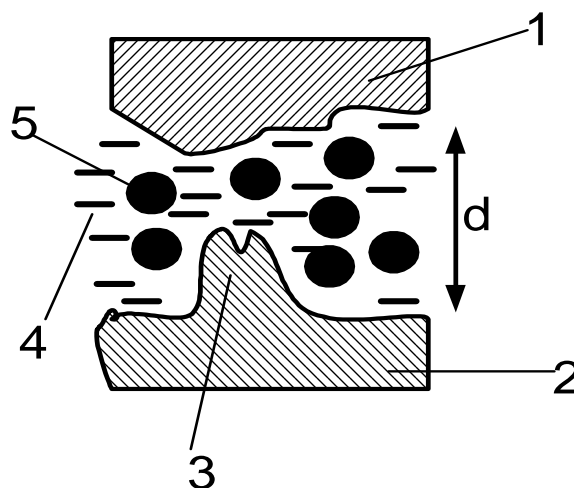


Рис. 12 - Електрофізичний спосіб різання

Сутність цього методу полягає в такому. При підведенні напруги до електродів, одним з яких є інструмент (форма) 2, а другим – власне деталь 1, у міжелектродному проміжку середньою шириною d виникає електричне поле. Це поле є неоднорідним, воно збільшується на ділянках з меншою міжелектродною відстанню (тобто там, де є виступи на деталі чи формі). При певному значенні напруження і ширині d величина цього поля стає достатньою для максимального прискорення електронів, що емітуються металом (катодом). Якщо кінетична енергія вільних носіїв струму досягає рівня енергії іонізації атомів робочої рідини 4, яка розділяє електроди, виникає дуговий розряд. Як наслідок цих процесів, стрімко зростає кількість вільних носіїв заряду, тобто збільшується струм. За законом Джоуля-Ленца ($Q \sim I^2$, де Q , I – кількість тепла, що виділяється на провіднику, і струм відповідно), у розрядній області швидко зростає температура. Через це температура поблизу мікровиступів 3 заготовки досягає вражаючих значень ($5 \cdot 10^3$ °C - $4 \cdot 10^4$ °C) і перебільшує температуру плавлення будь-якого металу чи сплаву. Розряд триває, досі є причини, що його підтримують (потужне електричне поле поблизу мікровиступів). Після виплавлення “зайвого” матеріалу 5 заготовки в даній області розряд “перекидається” на інші “зайві” ділянки. Тобто електрод-форма фактично здійснює самоконтроль процесів розрядної обробки матеріалу. Міжелектродна відстань у цій схемі складає сотні микрон, що дає можливість користування порівнянно низькою напругою (до 250 В). Перевірено, що використання повітря замість робочої рідини (зазвичай, керосину, солярки, дизпалива) не є доцільним через завищену електричну міцність повітря.

Є сенс окремо обговорити як переваги, так і недоліки описаного методу.

Переваги:

1. Можливість обробки матеріалу будь-якої міцності чи в'язкості без створення спеціального інструменту.
2. Можливість копіювання деталю форми інструмента при простому поступальному рухові останнього (що досягається незначними механічними зусиллями).

3. Можливість одержання в деталі складних внутрішніх отворів, які не можна отримати звичайними способами механічної обробки.
4. Можливість автоматизації цієї схеми.

Недоліки:

1. Унеможливлення обробки матеріалів, що не проводять струм.
2. Суттєва тривалість процесу.
3. Необхідність постійного контролю і заміни робочої рідини, що швидко забруднюється викидами виплавленого матеріалу.

Контрольні запитання

1. Робота стану з давильною оправкою.
2. Операції механічної обробки матеріалу.
3. Електрофізичний спосіб різання.

ЛЕКЦІЯ 6

Шліфування та полірування поверхонь

Ці операції є операціями тонкої високопрецизійної обробки деталей. Необхідність у них виникає у зв'язку з потребою у точних розмірах, плоскопаралельності та відповідному зовнішньому вигляді деталей. Шліфування забезпечує 9-11 класи точності ($Ra = 0,2-0,05$), а полірування 11-13 класи точності ($Ra = 0,01-0,08$). Дані операції пов'язані з впливом на оброблювальний матеріал абразивного інструменту, в основу якого покладено використання в абразивних пастах (для полірування) та шліфувальних кругах дрібнодисперсних зерен надтвердого матеріалу різної форми.

При шліфуванні на кругах поверхня деталей покривається безліччю порізів однакової глибини, але різної орієнтації (що пояснюється довільним орієнтуванням рівновеликих зерен абразиву в крузі). Ці порізи зливаються у єдине ціле і поверхня набуває гладкості. З часом зерна стираються, але на їх місце виходять нові з глибини круга. Круги маркуються за ознаками, що стосуються абразиву (матеріал, величина і кількість зерен, їх геометрія і міцність), і власне круга (рекомендована кутова швидкість його обертання).

Абразивні матеріали розділяють на природні (алмаз, корунд, оксид хрому) і штучні (синтетичний алмаз, електрокорунд, карбід кремнію). Критерієм твердості абразиву є шкала Мооса, за якою алмаз займає перше місце (10 балів). Жорсткі (великі тверді зерна) круги застосовуються для грубого шліфування – так званої обдирки, м'які (невеликі зерна з більш механічно податливого матеріалу) – для чистової обробки. Абразивні паста використовуються для більш тонких робіт і мають загальну назву паста ГОИ (рос. – “Государственный оптический институт”). Абразивний порошок у пасті замішаний на кислоті (зазвичай, олеїновій чи стеариновій). Кислота необхідна,

по-перше, для сполучення окремих зерен, і, по-друге, для утворення на оброблюваній поверхні плівки окислу, яка легко видаляється зернами. У результаті обробки абразивною пастою поверхня стає “дзеркальною”. Така обробка використовується у цехах, відповідальних за виготовлення відбивачів СП. Коефіцієнт відбиття поверхні після такої обробки є високим, і складає 0,54-0,95. Щоправда, така поверхня швидко окислюється і тьм’яніє. Для запобігання цим ефектам її зазвичай захищають лаковим чи плівочним додатковим покриттям. Шліфування і полірування невеликих деталей СП здійснюють в обертальних барабанах, в які деталі завантажують разом з абразивним матеріалом - дробленими кругами, сталевими кульками та обрізками шкіри. Для пришвидчення перебігу процесів механічної обробки в барабани заливають гас чи бензин.

Завершуючи розгляд операцій механічної обробки, відзначимо, що інформація про шорсткість поверхонь, що забезпечується при їх обробці різним інструментом і обладнанням наведена у додатку 1.

Металургійне виробництво

Металургійні процеси у світлотехнічному виробництві є процесами приготування розплаву необхідної консистенції та його заливки у спеціальні форми. Ливарні процеси використовують у тих випадках, коли інші способи виготовлення металічних деталей не є придатними чи недоцільними.

Прикладом литих деталей є корпуси промислових світильників типу ЖСП, ГСП і РСП.

Технологічний процес лиття починається з приготування сплаву. Сукупність всіх наявних хімічних компонент, необхідних для набуття розплавом потрібних експлуатаційних властивостей, називається шихтою. У шихту вводять не тільки хімічно чисті компоненти, а й попередньо сплавлені – так звані лігатури. Розплав, що містить значний відсоток лігатур (~20%), потребує меншого нагріву і через це з нього менше випаровується легколетких компонент. Взагалі, такі компоненти рекомендовано додавати в шихту в той момент, коли інші, тугоплавкіші матеріали, вже розплавилась. У світлотехнічному виробництві найпоширенішими сплавами є алюміній-магній (АЛ-8) і алюміній-кремній (АЛ-2). При роботі з такими сплавами є певні особливості. Нагрітий алюміній окислюється ще в процесі варки, тому розплав треба готувати під захисною плівкою – флюсом. Прикладом останнього є суміш 45%Na+55%KCl. Вона, по-перше, відокремлює (фізично) розплав від повітря, і, по-друге, вилучає з розплаву існуючі окисли (хімічно). На відміну від сплавів АЛ-8 і АЛ-2, існують інші АЛ-4В і АЛ-9В тощо. Вони відрізняються тим, що виготовлені з відходів виробництва (відходи ливарних, механічних і штампувальних цехів). При вживанні таких матеріалів звертають увагу на їх чистоту. Великі фрагменти вторинних матеріалів практично не відчищають від бруду, менші – переплавляють, висушують та брикетують перед використанням. Крім алюмінієвих сплавів у світлотехнічному виробництві є розповсюдженими і сплави на основі міді. Їх використовують для виробництва арматури декоративних світильників (люстр) та елементів морських СП (які

виготовляють з матеріалів, що мають суттєвий супротив корозійному впливу агресивного середовища – морського повітря).

Для виплавлення розплаву використовують три основних види плавильних печей: тигельна індукційна, тигельна опору і тигельна газополум'яна (див. рис. 13).

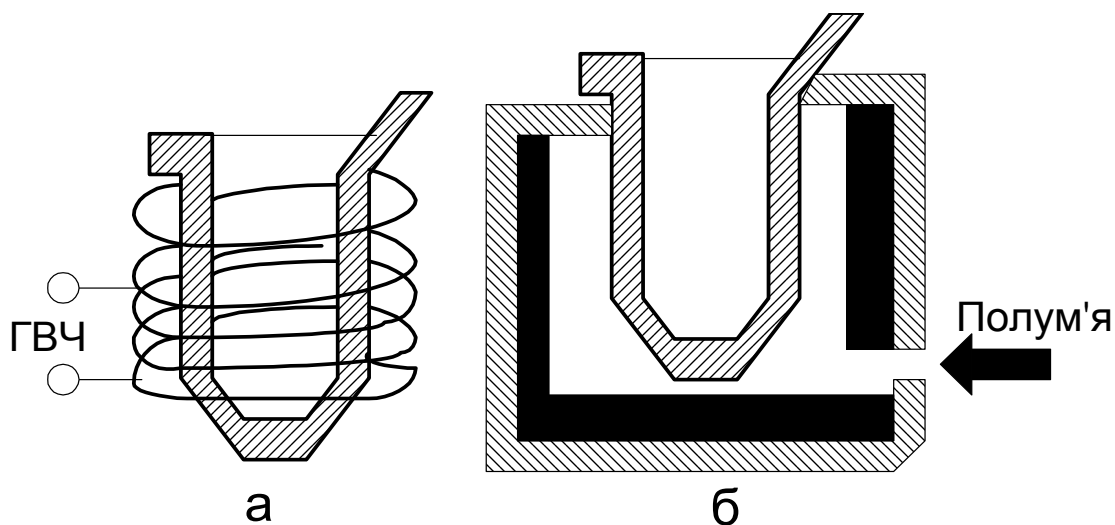


Рис. 13 - Різні типи плавильних печей
Ї

Тигельна індукційна піч (рис.13,а) працює таким чином. По її обмотці пропускають значний струм, внаслідок чого виділяється багато тепла, яке розплавляє шихту. Вихрові струми, що виникають при цьому, спричиняють якісне перемішування розплаву. Тигельна газополум'яна (рис.13, б) працює на згорянні газу. Найбільш ефективною є індукційна піч. По-перше, розплав виходить монолітним (завдяки постійному перемішуванню), по-друге, температуру розплаву легко контролювати, пропускаючи по обмотці воду.

Тиглі, тобто ковші для варки розплаву, мають бути жаростійкими, і зазвичай виробляються з чавуну або кремнію. Використовують також чавунні ковші з графітовим покриттям. Найбільш відомим мастилом на основі графіту є аквадаг, який широко застосовується в електроламповому виробництві при волочінні вольфрамових і молібденових дротів. Перевагою аквадага є стійкість до високих температур (вода з нього випаровується, а графітові зерна залишаються). У ливарному виробництві розповсюджені разові та сталі форми. Необхідність у тій чи іншій формі виникає при вирішенні конкретної промислової задачі. Так, при експериментальному виробництві зручніші разові, при поточному – сталі.

Контрольні запитання

1. Сутність шліфувальних та полірувальних операцій.
2. Етапи ливарного процесу.
3. Типи печей у ливарному виробництві.
4. Що таке шихта, як її приготувати?

ЛЕКЦІЯ 7

Лиття в разові і сталі форми

Разові форми розділяють на земляні й оболонкові. Процеси лиття у земляну форму показані на рис. 14.

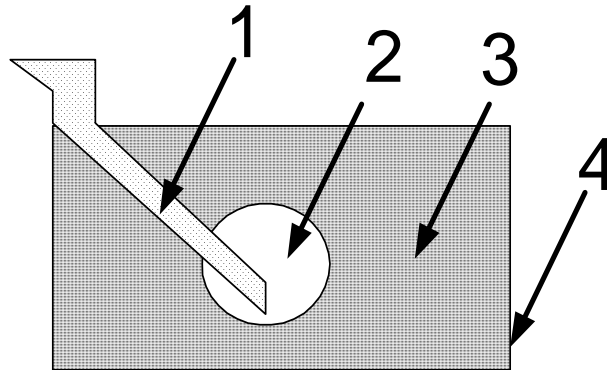


Рис.14 - Земляна форма

Розплав заливають через канал 1 у порожнину 2 у формі 3. Сама форма 3 являє собою формовочну суміш, запресовану в опоці 4, в якій зроблено відбиток, форма якого задає форму порожнини і майбутній деталі. Основними складовими формовочної суміші є пісок і глина, в які додаються допоміжні речовини, що забезпечують належне сполучення компонент суміші. Ущільнення формовочної суміші зазвичай здійснюють вручну, хоча трапляються окремі випадки пневматичного ущільнення. Тривалість охолодження деталей у формах визначається товщиною форми та теплофізичними характеристиками розплаву та формовочної суміші. Деталі з бронзи вилучають з форми при температурах 300-500 °С, чавуну - 700-800 °С, алюмінію - 200-300 °С. На одержаних деталях є так звані ливники, наявність яких зумовлена тим, що канал 1 є своєрідним продовженням порожнини 2. Ці ливники треба обрубати, а місце обрубки зашліфувати, внаслідок чого технологічний процес дещо ускладнюється. Заготовки, одержані литтям у земляні форми найзручніше очищувати піскоструминною обробкою. При цьому висвітлюються поверхневі дефекти литва. Контроль деталей, одержаних у ливарний спосіб здійснюється візуально, або, при необхідності, за допомогою методів рентгенівської та ультразвукової дефектоскопії.

На відміну від земляної форми, яку зручно використовувати для одержання суцільних деталей, оболонкові форми призначені для одержання деталей складнішої форми – з порожнинами. Оболонкові форми виготовляються з суміші дрібнозернистого піску і синтетичної термореактивної смоли. Сполучення цих компонент здійснюється гарячим або холодним способом. У першому випадку нагрівають пісок ($T \sim 100^\circ\text{C}$) і насипають на нього порошкоподібну смолу. Нагріваючись, смола склеює пісок. У другому випадку нагрівають смолу ($T \sim 100^\circ\text{C}$) і, розчиняючи її спиртом чи ацетоном, змішують з піском. Формовочну суміш наносять на модель (форма, яка копіюється) зазвичай пульверизатором. Затверділа і відпалена оболонкова

форма є зовнішньою границею деталі. Внутрішньою границею часто є циліндричний стрижень, виготовлений з того ж матеріалу, що і форма. Розплав заливають у простір між стрижнем і оболонкою. Охолодження розплаву здійснюється за рахунок відведення тепла через оболонку. Підвищення температури на оболонці сприяє випаровуванню смоли, внаслідок чого міцність оболонки знижується. Після повного охолодження деталі оболонкову форму легко зруйнувати.

Наведені вище ливарні методи є низькотехнологічними і в поточному світлотехнічному виробництві практично не використовуються. Область їх застосування обмежується допоміжним виробництвом.

Найрозповсюдженішими методами лиття у багаторазові (сталі) форми є виливання у кокіль і лиття під тиском.

Кокілем називають сталу форму (металічну), що заповнюється розплавом під дією його власної ваги. Форма вважається напівкокільною, коли деякі з її елементів виготовлені не з металу. Загальний вигляд кокіля наведено на рис. 15.

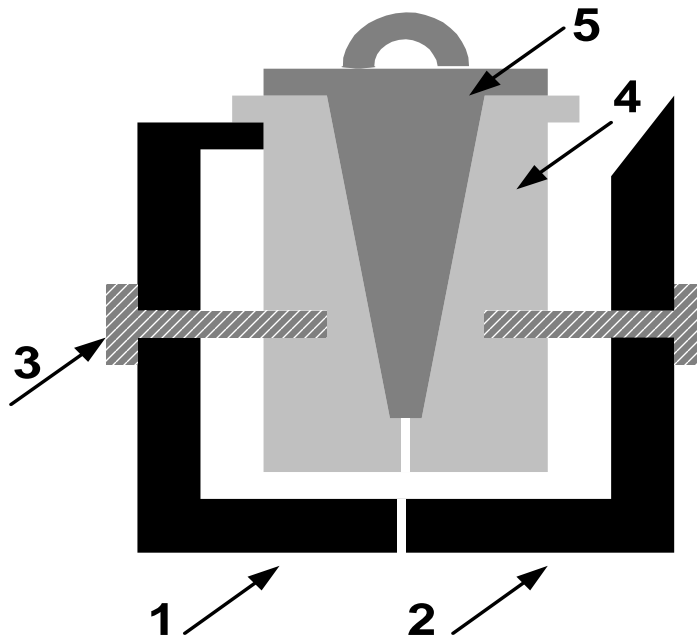


Рис. 15 – Кокіль

Як можна бачити, форма кокіля визначає конфігурацію деталі. У даному випадку (див.рис.15) виливається пустотілий циліндр з отворами по боках. Деталі подібної форми є основою при виготовленні корпусів ряду світильників (РСП, ГСП, ЖСП тощо). Кокіль є рознімний. Половинки корпусу кокіля 1 і 2 можуть щільно з'єднуватись одна з одною. Металічний стрижень 4, форма якого визначає геометрію порожнини, є також рознімним (для зручності вилучення деталі з форми). Середню частину 5 стрижня називають клином. Призначення стрижнів 3 полягає у формуванні в деталі отворів необхідної форми і фіксації внутрішнього стрижня 4. Форма кокіля має бути простою і урахувати подальшу обробку деталі (якщо така планується, розміри кокіля, а значить, і литва, збільшують). Для контролю температури розплаву для кокіля

може бути передбачена індукційна чи газополум'яна піч, а також зміяки для циркуляції води.

Лиття під тиском у світлотехнічному виробництві досить широко розповсюджене. Сутність цього методу добре видно з рис. 16.

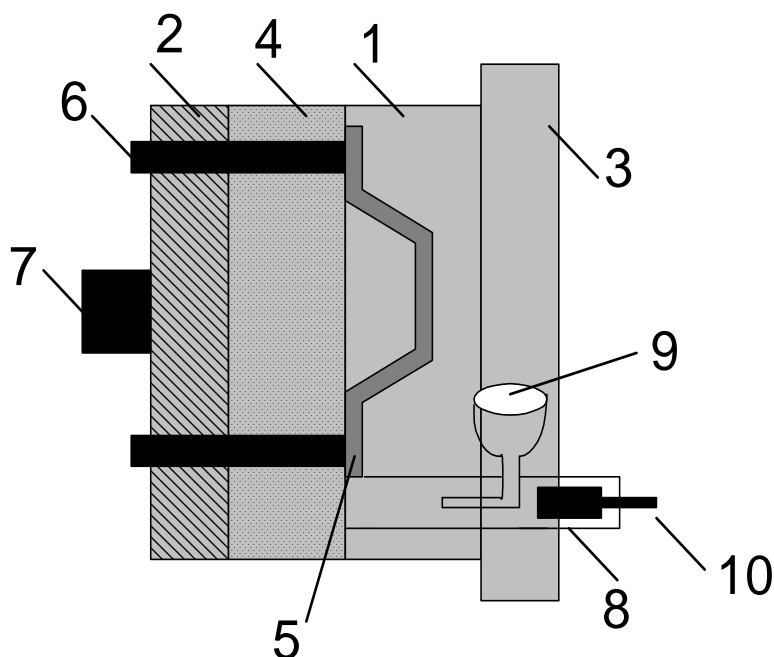


Рис.16 - Ливарна машина з горизонтальною камерою пресування

Прес-форма машини з холодною (без нагріву) горизонтальною камерою пресування складається з нерухомої 1 і рухомої 4 напівформ, що прикріплені відповідно до нерухомої 3 і рухомої 2 плит. Порожнина 5 призначена для формоутворення литва. Для вилучення литва з форми передбачено два виштовхувачі 6. Ливарна машина діє таким чином. Запорний механізм 7 притискає рухома напіваформу до нерухомої, після чого у камеру пресування 8 через чашку 9 заливають дозу розплаву. Поршень 10 перекриває заливочний отвір і створює тиск, завдяки якому форма 5 заповнюється розплавом. Після охолодження розплаву напіваформи розмикають і вилучають деталь з форми 5. Перед тим, як відливати іншу деталь, прес-форму обдувають стиснутим повітрям і змащують.

Іноді використовують ливарну машину з холодною вертикальною камерою пресування. Через те, що ця машина відрізняється від наведеної на рис.16 тільки камерою і поршневою системою, на рис.17 зображено лише ці відмінності.

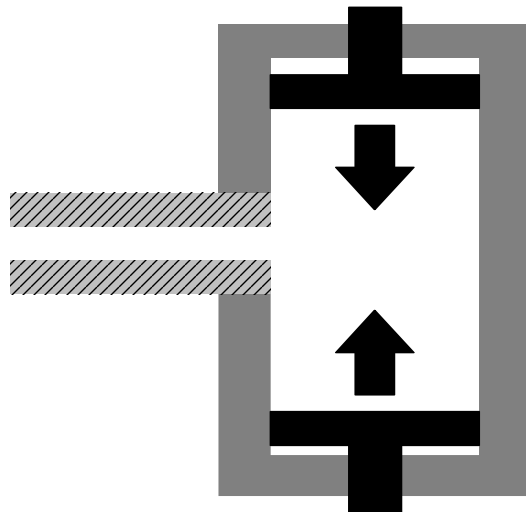


Рис.17 - Холодна вертикальна камера пресування

Видно, що в цій конструкції немає чашки для розплаву і присутній другий поршень. Вважається, що продуктивність процесу лиття в такий спосіб нижче на 20%, ніж той, що наведено на рис. 16. В обох конструкцій є спільний недолік – неможливість контролю за температурою розплаву. Урахування цього недоліку призвело до появи нової конструкції ливарної машини – з гарячою вертикальною камерою пресування.

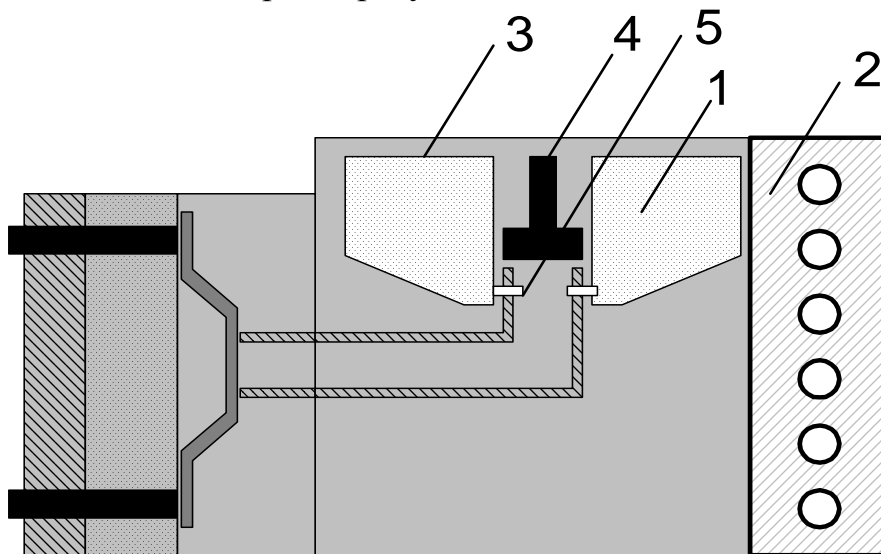


Рис. 18 - Ливарна машина з гарячою вертикальною камерою пресування

Розплав 1 у баці 3 нагрівається за допомогою печі 3. У стаціонарному положенні поршень 4 перекриває отвори 5, через які розплав може потрапити в прес-камеру. Якщо його підняти, розплав почне заповнювати канал камери. При зворотньому русі поршня в канал нагнітається стиснуте повітря, яке спрямовує розплав у робочу форму. На рисунку пронумеровані не всі елементи машини, так як на більшості з них вже було зацентовано увагу раніше (див. рис. 16). Перед початком лиття форму прогрівають до температур ($T \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$). Температура розплаву має перевищувати температуру кристалізації литва на $15\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Аналізуючи методи лиття під тиском, відзначимо такі їх недоліки й переваги.

Недоліки:

1. Висока вартість обладнання.
2. Обмеження розмірів і маси литва, зумовлене потужністю ливарної машини.
3. Проблематичність одержання деталей з внутрішніми порожнинами, пов'язана з незручністю використання стрижнів у формах.
4. Поява в литві шпаруватості внаслідок використання стиснутого повітря.
5. Температурні обмеження.

Переваги:

1. Висока точність розмірів і висока чистота поверхні литва.
2. Можливість одержання тонкостінного литва складної конфігурації.
3. Можливість автоматизації процесу.
4. Можливість використання сплавів із зниженою рідкоплинністю (для методів лиття під тиском).

Контрольні запитання

1. Коли застосовують лиття в земляні й оболонкові форми?
У чому відміна цих методів?
2. Кокільне лиття.
3. Різновиди лиття під тиском.
4. Для чого прогрівують форму ливарної машини?
5. Недоліки і переваги лиття під тиском.

ЛЕКЦІЯ 8**Специфічні процеси лиття**

Для певних модифікацій СП розглянуті вище процеси лиття не завжди придатні. Тут використовуються специфічні процеси ливарного виробництва. По-перше, це штамповка рідкого металу. Даний процес поєднує в собі елементи лиття під тиском і об'ємної штамповки. За цим методом на залитий у бак розплав діє зусилля пуансона, що створює умови для об'ємно-стиснутого стану металу і його спрямованої кристалізації. Як пуансон використовується металічний стрижень з циліндричною порожниною, в якому розміщено суцільний кооксиальний циліндр меншого діаметра. Рідкий метал витісняється у простір між циліндрами, в результаті чого з'являється заготовка для деталі СП з покращеними експлуатаційними характеристиками. У такий спосіб виготовляють корпуси шахтних СП і світильників для підводних човнів (тобто в першу чергу там, де є необхідною міцність конструкції).

Іншим різновидом лиття під тиском є продування розплаву через щілину заданої конфігурації - фільтру. Даний метод буде наведений нижче при описанні процесів виготовлення елементів СП з полімерних матеріалів. У

даному випадку треба тільки відзначити високий темп виробництва (50 м заготовки за хвилину) і його незалежність від складності виробу. Вказаним методом зручно виготовляти металічні корпуси для люмінісцентних СП.

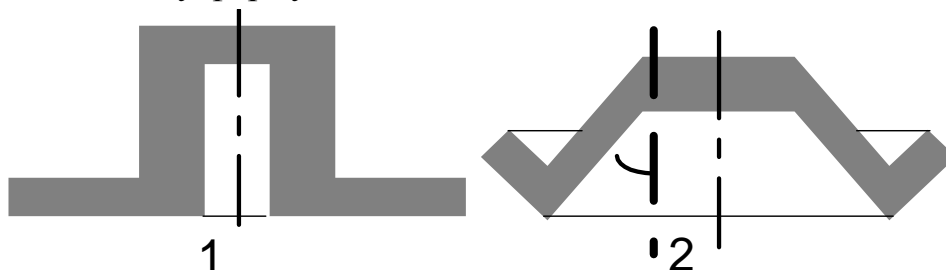
Виробництво деталей СП з полімерних матеріалів

Починаючи розгляд процесів вироблення елементів СП з полімерних матеріалів, тобто пластмас, звернемо увагу на загальні особливості останніх. У порівнянні з металічними матеріалами, у пластмас є низка суттєвих переваг:

1. Деталі з пластмас мають тверду і гладку поверхню, не потребують додаткової механічної обробки.
2. Пластмаси не потребують фарбування, оскільки їх колір одержується додаванням у вихідний матеріал фарбувальних речовин пігментів.
3. Деталі з полімерних матеріалів не піддаються корозії.
4. Вага пластмасових деталей незначна.
5. Для пластмас є високою енергоекономічність роботи.

Залежно від поведінки при нагріванні пластмаси розділяють на два класи – реактопласти і термопласти. Реактопласти набувають пластичності при нагріванні, а після охолодження втрачають її назавжди, тобто їх подальша переробка неможлива. Термопласти при нагріванні завжди набувають пластичності. Відходи деталей з термопластів широко використовуються як вторинні матеріали.

При виготовленні деталей з пластмас треба враховувати їх усадку і технологічні уклони. Під усадкою розуміють різницю між розмірами прес-форми і деталі при температурі 20 °С через 24 години після закінчення формування. Технологічні укли (див. рис. 19.2) зменшують зусилля по вилученню готової деталі з прес-форми і сприяють полегшенню проникання пластичної маси у форму.



*Рис.19 - 1- відсутність технологічного ухилу (нераціонально),
2 – наявність технологічного ухилу (раціонально)*

Дослідним шляхом встановлено оптимальні значення технологічних уклонів для виробів з пластмас різної висоти. Узагальнена інформація про таку кореляцію наведена в табл. 4.

Таблиця 4 - Мінімальні значення технологічних ухилів

Висота деталі, мм	Зовнішня поверхня	Внутрішня поверхня
до 10	1:100	1,5:100
10-50	0,8:100	1,2:100
50-100	0,6:100	1:100
100-200	0,5:100	0,8:100
200	0,3:100	0,6:100

Товщина стінок пресованих деталей з пластмас звичайно складає 1,5 - 4 мм, а формованих методом виливання під тиском 0,6 - 3 мм. Вибір оптимальної товщини деталі є важливим промисловим завданням. При недостатній товщині програє міцність деталі в цілому, при надмірній – збільшується час технологічного процесу, оскільки деталі остигають надто повільно. Для термопластів використовують емпіричну формулу, яка дозволяє визначити мінімальну товщину S_{\min} деталі заданої висоти:

$$S_{\min} = 0,8 \cdot (\sqrt[3]{h} - 2,1).$$

Суттєвим є також вибір радіуса r закруглення при сполученні поверхонь. Наявність цих радіусів покращує зовнішній вигляд деталей і знижує їх вибракування. Вважається оптимальним таке закруглення: $r \approx 2h$.

Важливою складовою технологічного процесу переробки пластмас є підготовка прес-матеріалу – таблетування і попередній підігрів таблеток. Таблетування є процесом перетворення прес-матеріалу в таблетки заданої форми і маси. Використання таблеток є зручним, так як при цьому спрощується дозування матеріалу, зкорочення часу на його нагрів і формування, підвищується якість матеріалу і заготовки. Як вихідний при таблетуванні використовують порошкоподібний полімерний матеріал і домішки, які ретельно перемішують багаторазовим пропусканням суміші через систему двох валків.

Зваження порцій прес-матеріалу виконують високотехнологічним способом об'ємного дозування (див. рис. 20). Як можна бачити з рисунка, бункер 2 може відкривати чи закривати отвір для подання пластичної маси 3. Пуансон 1 є нерухомим і відіграє роль упора. Пресування матеріалу виконують пуансоном 4. Якщо бункер відвести ліворуч, пуансон 4 звільниться і готову таблетку можна виштовхнути пуансоном 1. Прес-матеріал слід подавати в бункер нагрітим. Знаходячись у формі декілька секунд він не встигає втратити свої властивості, а лише пом'якшується. Вплив попереднього нагрівання на тривалість обробки прес-матеріала показано у табл. 5.

Таблиця 5 - Тривалість обробки пластмас при різних режимах нагріву

Температура нагріву, ° С	Тривалість нагріву, хв.	Скорочення тривалості витримки матеріалу у прес-формі, %
80	15-16	10-30
100	13-15	20-40
120	8-10	25-50
160	6-9	30-60
180	5-8	40-80

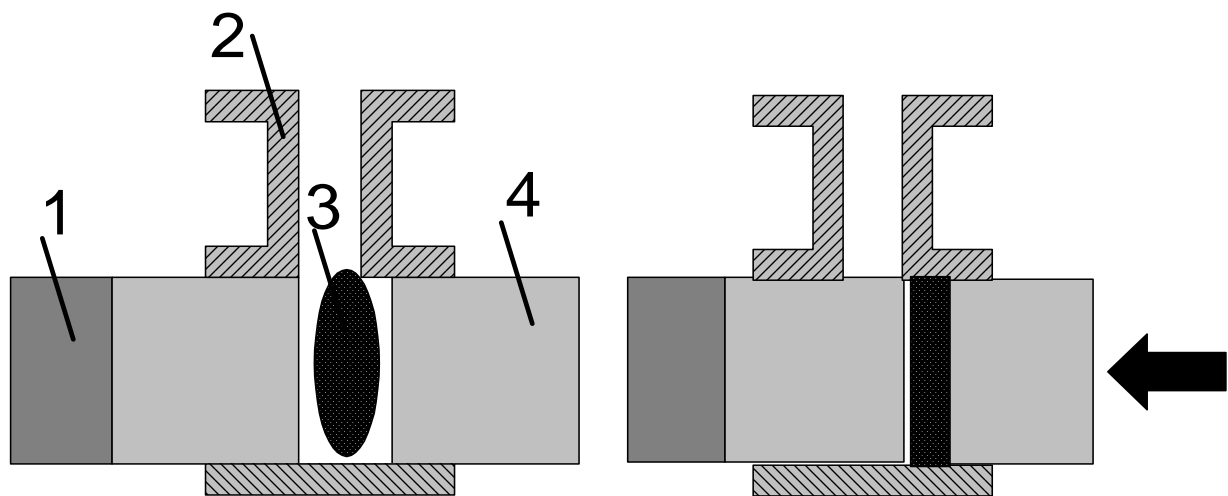


Рис. 20 - Таблетування пластмас

Контрольні запитання

1. Специфічні процеси лиття.
2. Характеристики пластмас і виробів з них.
3. Особливості раціонального виготовлення виробів з пластмас.
4. Процес таблетування.

ЛЕКЦІЯ 9

Формоутворення деталей з пластмас

1.Компресорне пресування. За цим методом таблетований і нагрітий матеріал 1 завантажують у відкриту прес-форму – матрицю 3 (див. рис. 21). Під тиском пуансона 2 матеріал пластифікується і заповнює робочий простір прес-форми.

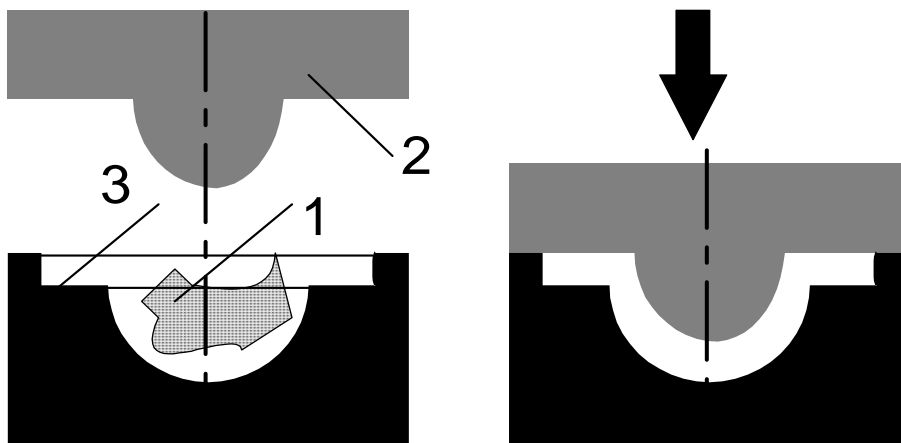


Рис. 21 - Компресорне пресування пластмас

Продуктивність даного способу формоутворення досить низька, і визначається часом пластифікації і витримки матеріалу в прес-формі. Деталь, одержана в такий спосіб, потребує подальшої доробки – зняття задирок з поверхні. Для підвищення якості продукції матрицю періодично змащують рослинними мастилами і нагрівають в індукційній печі.

2. Лиття виробів з пластмас під тиском. Цей метод набув поширення у світлотехнічному виробництві. Практично він реалізований у промисловому варіанті термопластавтомата (див. рис. 22). Вихідний гранульований чи порошкоподібний матеріал завантажуються до воронки бункера 7, з якого після об'ємного дозування надходить до робочого циліндра 8 ливарної машини. Тут матеріал на допомогу серії нагрівальних елементів 5 набуває пластичного стану. Робочий інтервал температур нагріву обмежується температурами розм'якшення і плинності. Для пришвидчення прогріву і якісного перемішування матеріалу в робочому циліндрі передбачено обтічники з черв'ячно-шнековим ходом.

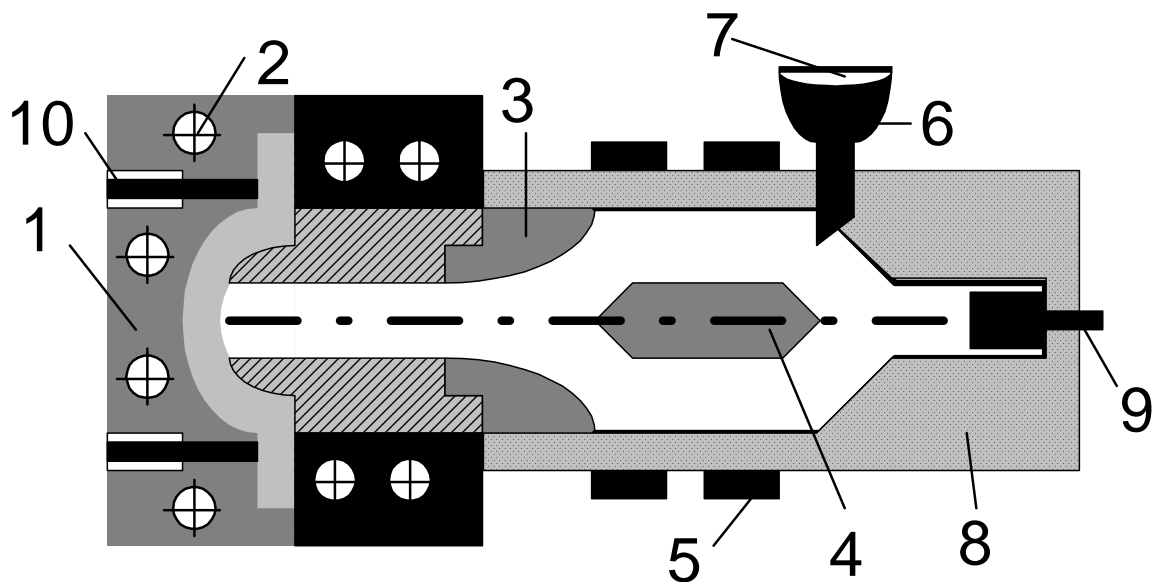


Рис. 22 – Термопластавтомат

Пластифікований матеріал під тиском поршня 9 подається через мундштук 3 до форми 1. Форма 1 охолоджується водою, що циркулює по каналах 2.

Через те, що термопласти відзначаються помітною усадкою (до 2%), заповнена форма 1 має охолоджуватись під тиском поршня. У табл. 6 наведено випробувані оптимальні режими роботи термопластавтомата для різних пластмас.

Температура форми суттєво впливає на якість виробів і продуктивність виробничого процесу формоутворення деталей із пластмас на пластавтоматі. Вважається, що вона має бути нижчою на 100-180 °С за температуру матеріалу. Це зрозуміло. Якщо форму переохолоджено, матеріал, що подається у форму, охолоджується настільки швидко, що перекриває канал форми і готова деталь має пори, а при надмірному нагріві форми пластмаса налипає на форму і поверхня готової деталі потребує додаткового шліфування.

Таблиця 6 - Робочі режими термопластавтомата

Параметр	Значення параметрів для пластмас				
	Поліамід	Поліетилен	Поліхлорвініл	Полістірол	Поліметіл-метакрілат
Температура циліндра, °С	150-260	170-250	149-177	180-230	180-240
Температура форми, °С	50-90	30-60	70-93	38-60	50-70
Тиск поршня, МПа	42-176	60-120	70-210	60-150	90-120

Класифікація термопластавтоматів визначається масою матеріалу в грамах (25, 50, 100, 125 тощо), який необхідний для заповнення форми.

При виробництві пластмасових виробів методом лиття під тиском суттєве значення має попередня підготовка матеріалу. Виділяють три основні етапи попередньої підготовки матеріалу: фарбування, сушіння та магнітну сепарацію.

Фарбування здійснюють шляхом змішування фарбника (у вигляді дрібнодисперсного порошку) з основною сировиною і мастилом. Сушіння виконують у спеціальних приміщеннях при температурі 90 °С, застосовують також вакуумне сушіння. Магнітна сепарація необхідна для вилучення з основної сировини частинок металічної природи, які при індукційному нагріві пластичної маси можуть намагнічуватись, що призведе до забруднення ливарного каналу.

Слід окремо виділити загальновідомий процес безперервної переробки термопластів, що знаходяться у в'язкоплинному стані, – екструзію. Формоутворення пластмас при цьому здійснюють шляхом просування нагрітого пресс-матеріалу через фільтри – деталі (зазвичай, металічні) із внутрішньою порожниною, форма якої відповідає необхідній формі деталі.

Машини, що реалізують метод екструзії, називають екструдерами. Схема одного з них наведена на рис. 23.

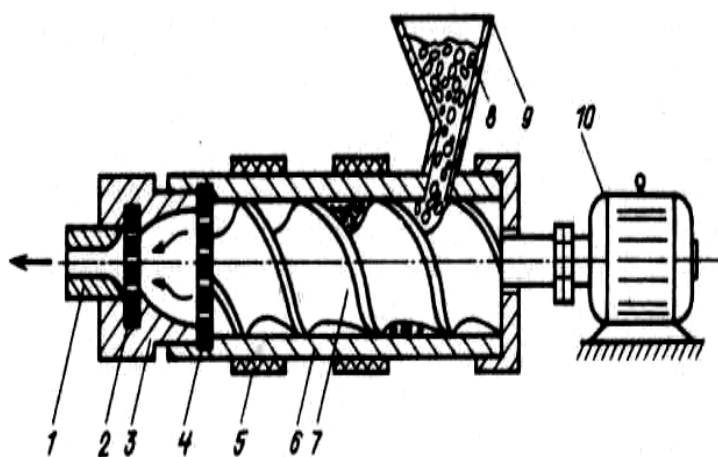


Рис. 23 - Екструдер

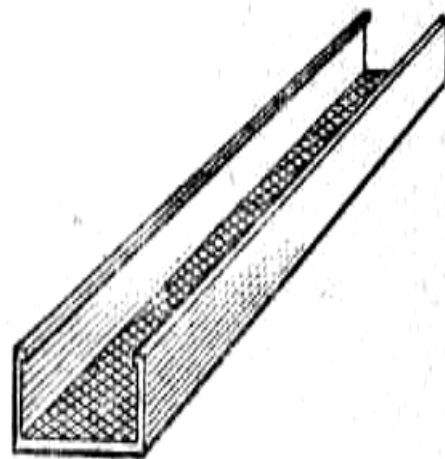


Рис. 24 - Розсіювач СП з ЛЛ,
виготовлений екструзією

Як видно з рис. 23, вихідний матеріал 8 завантажується у бункер 9 і потрапляє в робочий циліндр 6. Черв'ячна передача 7 служить для якісного перемішування і пересування матеріалу вздовж циліндру. Серія нагрівачів 5 перетворює сировину у в'язкоплинну речовину. Оберти черв'яка керуються електродвигуном 10. Розплав продавлюється через головну решітку 4, конічний дифузор 3, додаткову решітку 2 і потрапляє до фільтри 1, де починається процес формоутворення. Призначення решіток полягає у перетворенні пластмаси в однорідну масу і контролі її потоку, що надходить до фільтри.

Після виходу з фільтри профіль охолоджують і ріжуть на заготовки необхідної довжини.

Існує таке поняття, як продуктивність роботи екструдера. Вона виражається масою матеріалу, що пройшла через фільтру за годину.

Екструзійні методи набули широкого розповсюдження при виготовленні елементів СП з люмінесцентними лампами (див. рис. 24). Екструзія також зручна для виготовлення листів і трубок СП побутового призначення.

Основні технічні дані для одночерв'ячних екструдерів наведені в табл. 7.

Таблиця 7 - Технічні характеристики одношнекових екструдерів

Характеристики	Діаметри шнеків, мм					
	32	45	63	90	125	160
Частота обертання черв'яка, об/хв.	8-120	20-140	10-100	7,5-75	15-65	6-60
Продуктивність, кг/год.	10	35-40	60	150	200	300-400
Потужність електродвигуна, кВт	5,5	14	25	32	55	75
Число зон нагріву	-	2	3	3	4	5
Потужність нагрівання циліндру, кВт	1,5	8	22	26	22,4	65
Габаритні розміри, мм:						
довжина	1185	1830	2500	3180	4500	5980
ширина	1140	720	800	1050	945	1360
висота	1588	1650	1850	1910	2620	2220
Маса екструдера, кг	700	2400	2700	4700	6500	12000

Контрольні запитання

1. Компресорне пресування пластмас.
2. Лиття під тиском. Схема термопластавтомата.
3. Для чого необхідно контролювати температуру прес-форми термопластавтомата ?
4. Схема екструдера, його технічні характеристики.
5. Що таке фільєра ?

ЛЕКЦІЯ 10

Формування листових матеріалів

У світлотехнічному виробництві листові й плівкові пластмаси в основному перероблюють методами штампування, пневмоформування і вакуум-формування, що дозволяє доповнити технологічні можливості лиття під тиском і усунути його недоліки (неоднорідна міцність, внутрішні напруження) при виробництві крупногабаритних тонкостінних деталей (розсіювачів).

Розглянемо детальніше вказані методи.

Штампування. Виконують на гідравлічних пресах (рушійною силою пуансона є рідина). При цьому лист нагрівається до температури розм'якшення і під тиском 1 МН/м^2 формується за допомогою матриці й пуансона. Штампування пластмас якісно не відрізняється від штампування металів, з тією

тільки відміною, що нагрів заготовки є обов'язковим. Це легко зрозуміти, якщо згадати, що тверде тіло (метал) є анізотропним, і воно за своєю природою зручне до пластичного деформування, а пластмаса ізотропна.

Преси для штампування пластмас не потребують значних зусиль, що відрізняє їх від пресів, призначених для штампування металічних виробів (тиск не перебільшує 1000 кПа).

Пневмоформування. Це один з найбільш розповсюджених методів формоутворення листових матеріалів, сутність якого полягає в тому, що матеріал заповнює порожнину форми під тиском стиснутого повітря.

Листову заготовку 3 (див. рис. 25) нагрівають в електропечі до необхідної температури і переносять до форми 5. Заготовка притискується кришкою 1 і через впускний кран 2 подається стиснуте повітря, під тиском якого заготовка щільно притискується до стінок форми, нагрітої елементами 6. При цьому вона витісняє повітря, що знаходилось у порожнині матриці, через канали 7.

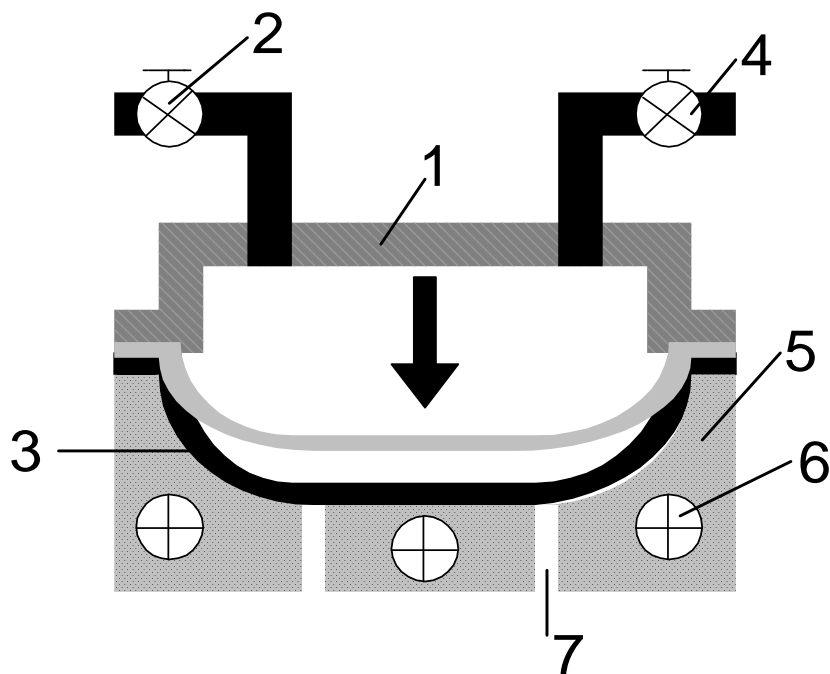


Рис. 25 - Пневмоформування

Кран 4 у процесі формування перекрито, але після того, як необхідну деталь одержано, його відкривають для можливості циркуляції повітря, завдяки чому деталь швидко охолоджується.

Пневмоформування буває двох типів – негативне, коли матеріал вдавлюється в заглиблення форми (див. рис. 25), і позитивне, коли матеріал формується на опуклій поверхні.

Вакуумне формування. Принцип цього процесу зручно з'ясовувати з рис. 26. Заготовку з листової пластмаси 3 закріплюють на столі вакуумної машини притискувачами 4. Зверху заготовку можна підігрівати нагрівальним елементом 2 і охолоджувати вентилятором 1. Спочатку включають нагрівач і заготовка набуває пластичності. Після цього відкривають клапан 7 і через отвір у пуансоні 5 подають до камери 6 стиснуте повітря, що сприяє рівномірному розтягуванню заготовки. Стиснуте повітря використовується для попереднього

формоутворення. Подальше формоутворення виконується вже безпосередньо пуансоном. Як видно з рис. 26, на деяких ділянках (поблизу притискачів) заготовка прилягає до пуансона недостатньо щільно, тобто є порожнини. Повністю уникнути їх механічним рухом пуансона не вдається і з цього етапа починається вакуумне формування. Для цього клапан 7 перекривають і відкривають клапан 8, який з'єднує систему з насосом. Після відкачки камери до досить високого вакуума заготовка щільно притискується до пуансона

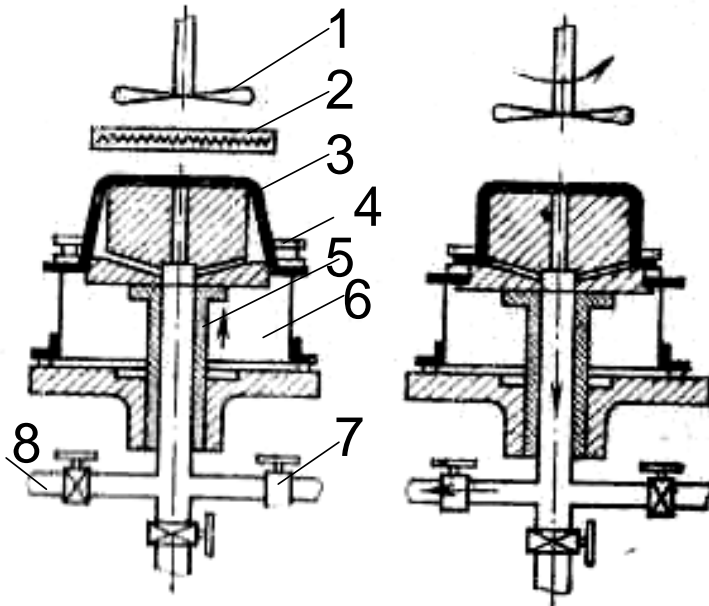


Рис. 26 - Позитивне вакуумне формування.

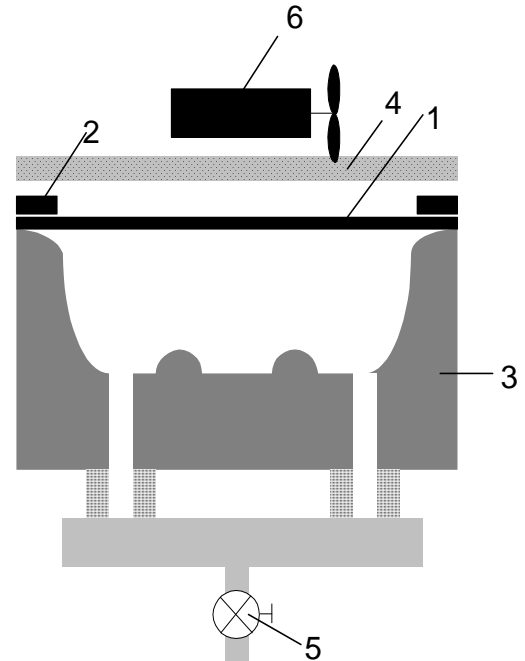


Рис. 27 - Негативне вакуумне формування

завдяки різниці між атмосферним тиском і остаточним тиском у камері після відкачки. Для охолодження готової деталі виключають нагрівач і включають вентилятор. На відміну від позитивного вакуумного формування є негативне вакуумне формування. Схема його наведена на рис. 27. Заготовка 1 притискується притискачами 2 до форми 3. Після прогріву заготовки нагрівачем 4 включають вакуумний насос і відкачують систему через вентиль 5. Для пришвидчення охолодження готової деталі включають вентилятор 6.

Переваги вакуумного формування:

1. Можливість заміни елементів при переході на нову продукцію.
2. Можливість переробки листових матеріалів із значною усадкою.
3. Можливість автоматизації процесу.

Недоліки вакуумного формування:

1. Непридатність обладнання до формування товстостінних виробів (товщина плівки понад 2 мм).
2. Невисока продуктивність процесу, що пов'язується з втратою часу на нагрів і охолодження заготовки.

З'єднання виробів з пластмас

Для з'єднання деталей з пластмас використовують різноманітні способи їх зварювання і склеювання. Ці способи найбільш придатні для плівкових матеріалів, що використовуються при виробництві абажурів СП побутового призначення. Зварювання – це спосіб з'єднання елементів, при якому границя розділу між поверхнями, що приводяться в контакт, зникає. Найбільш розповсюджені високочастотне зварювання (за рахунок джоулевого тепла) і зварювання контактним нагрівом. При зварюванні відповідні елементи притискають один до одного для щільнішого контакту. Склеювання вважають менш надійним способом з'єднання матеріалів, так як якість контакту визначається лише адгезією клею до робочих поверхонь, а процеси дифузійного перемішування матеріалів відсутні. Крім того прошарок клею з часом втрачає свої в'язкі властивості, і не є стійким до температурного впливу. Склеювання використовують зазвичай при експериментальному виробництві.

Декоративні пластмаси

При виготовленні виробів зі пластмас (особливо для СП побутового призначення) використовують декоративні пластмаси. Під декорацією розуміють сукупність заходів додаткової обробки пластмас, завдяки яким виріб покращує свої естетичні характеристики. Найбільш розповсюдженим випадком декорування пластмаси є металізація (гальванічна чи вакуумна). Перед нею на вироби наносять прошарок ґрунтового лаку. Якщо є необхідність у витравлюванні узорів, в ґрунти додають розчинники, які витравлюють поверхню пластмаси в необхідних місцях. Іноді виготовляють декоративні пластмаси шляхом додавання до основної сировини таких компонентів, як карбонат свинцю або фосфат. У результаті виріб набуває перлинного відтінку. До сировини можна додати алюмінієву чи бронзову пудру, в результаті чого готові вироби будуть візуально мало чим відрізнятися від тих, що виготовлені з відповідних металів або сплавів. При виробництві рекламних засобів масової інформації іноді використовують пластмаси з додаванням люмінофорів.

Контрольні запитання

1. Штампування.
2. Позитивне і негативне пневмоформування і вакуумне формування.
3. Недоліки і переваги вакуумного формування.
4. Операції з'єднання елементів СП. Приклади декоративних пластмас.

ЛЕКЦІЯ 11

Світлотехнічне скло. Виготовлення скловиробів

З фізичної точки зору скло являє собою переохолоджену рідину. Більшість промислового скла – це охолоджені склоутворювальні окисли. Якщо це окисли кремнію SiO_2 , скло називають силікатним. Силікатне скло використовують при виробництві рефракторів СП, призначених для освітлення відкритого простору. З молочного чи прозорого скла виготовляють захисні ковпаки рудничних СП. Світлотехнічне скло за своїм призначенням буває двох типів – призматичне або світлорозсіювальне. Призматичне скло визначається високим коефіцієнтом пропущення у видимій області спектра і високим коефіцієнтом заломлення. Воно має щільно заповнювати форму, в якій відбувається пресування виробів, а також відзначається підвищеною чистотою і однорідністю складу. Для виготовлення люстр, призначених для освітлення театрів, концертних залів, станцій метро, використовують кришталеве скло (див. табл. 8), тобто скло, до хімічного складу якого введено домішки, що утворюють ефект “гри” світла.

Таблиця 8 - Кришталеве скло різного складу

Тип скла	Вміст, %								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	BaO	PbO	ZnO	K_2O	Na_2O
Легкий криштал	61,3	0,7	0,7	1,05	–	22,4	–	7	7,5
Важкий криштал	51,8	–	0,04	–	–	37,4	–	10,2	0,7
Цинково-барітний криштал	58	–	0,04	–	18	–	5	16	3

Світлорозсіювальне скло використовують для зниження видимої яскравості джерел світла і обмеження засліплюючої дії світильників. Трьома основними типами світлорозсіювального скла є матове, молочне і опалове скло. Матове скло отримують при травленні його поверхні фтористими кислотами або піскоструминною обробкою. Опалове і молочне скло одержують при додаванні в скломасу глушника на основі фтористих сполучень чи інших окислів. Глушники не розчиняються у процесі варки скломаси і перетворюються при її охолодженні в дрібні кристалики (розміром 0,2-20 мкм). Глушене скло відзначається спрямованим пропущенням світла, що відрізняє його від матового скла. Матове скло використовують для виготовлення захисних ковпаків промислових світильників, а молочне й опалове скло - для виготовлення розсіювачів СП з лампами розжарювання, призначених для освітлення адміністративних та виробничих приміщень, а також при виготовленні розсіювачів вуличних світильників. Складні елементи СП виготовляють різними способами, з яких

найбільш розповсюдженими є молювання, пресування, видування і пресовидування. Незважаючи на деякі відмінності в цих методиках, технологічний процес однаковий і складається з таких операцій: підготовка сировини і приготування шихти (однорідної суміші необхідних матеріалів, взятих у певних пропорціях), варка скла, формування виробів, відпал, кінцева обробка (механічна обробка, хімічне полірування, декорування).

Перед приготуванням шихти вихідні матеріали відчищають від бруду і домішок, сушать і перетворюють у порошок. До шихти додають до 30% скляного бою. Розігрів і плавка скломаси в печах здійснюють за рахунок згоряння природного газу. Якщо є потреба у склі підвищеної чистоти, підігрів здійснюють електричним шляхом.

Розглянемо основні способи формоутворення виробів із скла.

1. Молювання. Це технологічний процес формоутворення скляних виробів з листових заготовок (рис. 28), при якому прогибання листової заготовки відбувається під дією власної ваги. Заготовку 3 вирізають з листа алмазом і вміщують в піч 1, де її кладуть на чавунну чашку 4, внутрішня форма якої відповідає необхідній формі деталі. Після включення електронагрівача 2

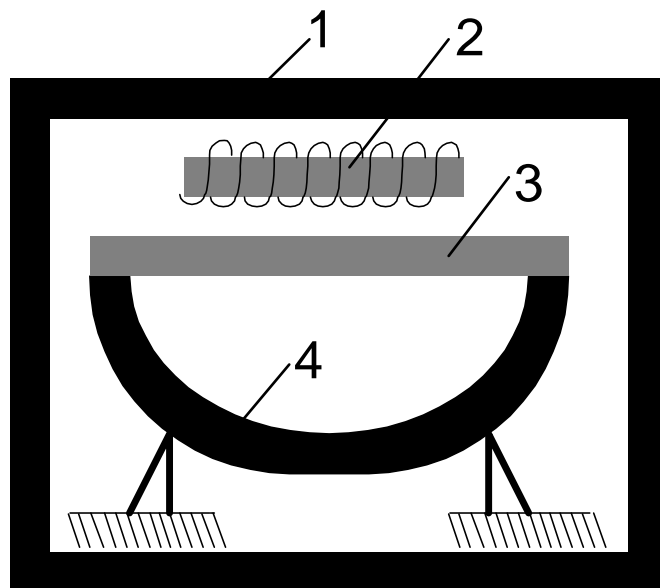


Рис. 28 – Молювання

температура в печі досягає 550-600 °С і заготовка починає плавитись, приймаючи форму чашки. Внутрішню поверхню чашки слід намастити протипригарними мастилами (крейда, графіт, сажа). Це дозволяє прискорити процес молювання шляхом підвищення робочої температури. Після охолодження виробу до кімнатної температури здійснюють контроль якості і виконують механічну обробку. Способом молювання можуть бути виготовлені відбивачі СП довільної форми. Обмеженням цього способу є глибина молювання (радіус заготовки має бути близький до глибини молювання) і низька продуктивність як до виробничого масштабу.

2. Пресування. Цей спосіб (див. рис. 29) широко використовують при

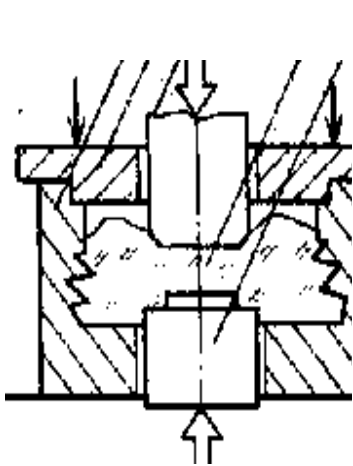


Рис.29 - Пресування скла

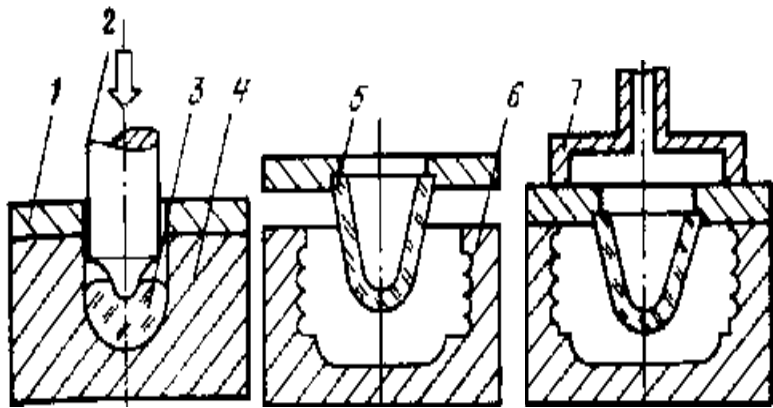


Рис. 30 - Пресовидування скла

виготовленні призматичних рефракторів СП зовнішнього освітлення, кришталевих розсіювачів і елементів люстр, скляних ковпаків вибухозахищених СП. Як правило, цим методом виготовляють товстостінні елементи. Як видно з рис. 29, дозована порція скломаси подається до матриці, внутрішня форма якої відповідає зовнішній формі виробу. Під тиском верхнього пуансона, що проходить через отвір у кришці, і нижнього пуансона скляна маса витісняється до стінок матриці. Для одержання деталі з рельєфним рисунком можна використовувати рисунок як на пуансоні, так і на матриці. Поверхня пуансона і матриці змащуються протипригарними мастилами. Для високої якості виробів скломаса має визначатись значною швидкістю охолодження, а різниця температур скла і прес-форми бути незначною.

3. Видування. Цей спосіб фактично є певним різновидом пресування, при якому роль пуансона відіграє стиснуте повітря.

4. Пресовидування. Це гібрид двох вказаних вище способів. Даний метод впроваджено на підприємствах згідно із схемою, наведеною на рис. 30. Дозована порція скломаси 3 вноситься до чорнової форми 4, у верхній частині якої зімкнуті горлові щипці 1. Попереднє пресування здійснюється пуансоном 2, який далі відводять догори і переносять напівфабрикат 5 щипцями до чистової видувної форми 6. Остаточне формування заготовки здійснюється стиснутим повітрям, яке подають через канал 7.

Остаточні напруження у склі тим вищі, чим більше швидкість охолодження і більший перепад температур між внутрішньою і зовнішньою стінками виробу. Внутрішні напруження є причиною руйнування скла (відразу після охолодження або з часом). Ці напруження знімають відпалом.

Процес відпалу складається з чотирьох етапів:

1. Нагрів заготовки до температури розм'якшення поверхневого прошарку матеріалу.

2. Витримка виробів при сталій температурі в печі до зникнення внутрішніх напружень.

3. Повільне охолодження зі швидкістю, за якої не виникають нові напруження.

4. Швидке охолодження зі швидкістю, за якої не виникають нові напруження.

У виробничому масштабі реалізація цих етапів відпалу здійснюється у муфельних печах. Схема однієї з них наведена на рис. 31.

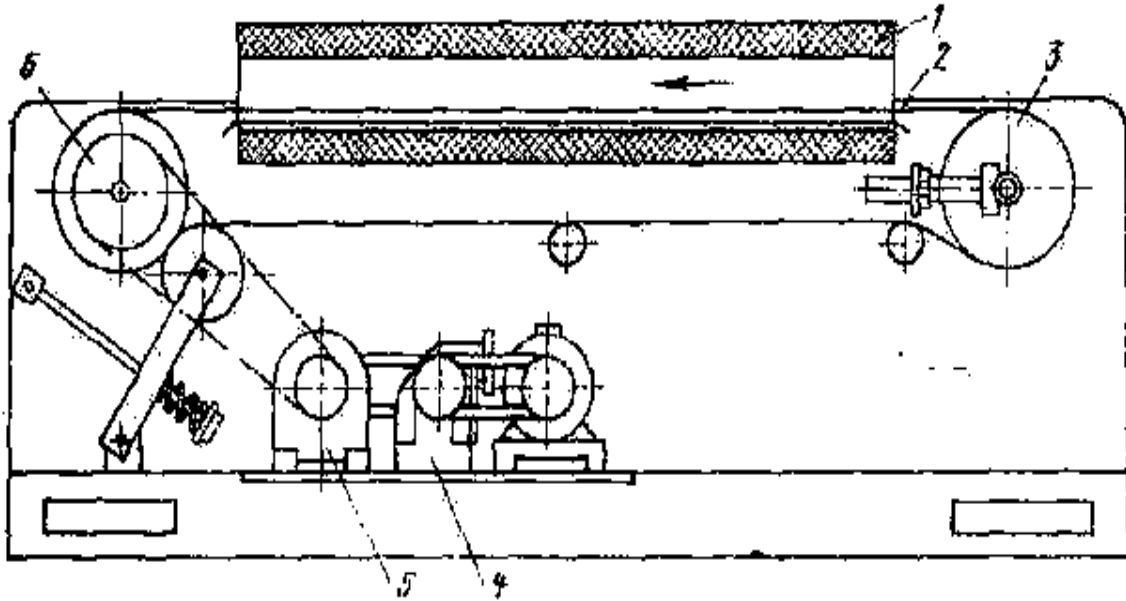


Рис. 31 - Муфельна піч

Вироби, що підлягають відпалу, влаштовують на конвеєрній металічній стрічці 2, яка намотується з котушки 6 на котушку 3. Швидкість пересування стрічки контролюють регулятором швидкості 5 приводу 4. Вироби на стрічці просуваються через муфельну піч 1, внутрішній простір якої розділено на чотири зони, які послідовно реалізують чотири необхідні етапи відпалу.

Контрольні запитання

1. Призматичне та світлорозсіювальне скло.
2. Кришталеве скло.
3. Матове, опалове і молочне скло. Принцип їх виготовлення.
4. Застосування скла у світлотехнічному виробництві.
5. Основні етапи технологічного процесу виготовлення скла.
6. Молювання.
7. Пресування і видування скла.
8. Пресовидування скла.
9. Необхідність відпалу скла. Основні етапи відпалу.
10. Принцип роботи муфельної печі відпалу.

ЛЕКЦІЯ 12

Декорування скловиробів

Декорування виробів із скла є поширеним при виробництві СП для освітлення адміністративних приміщень та світильників побутового призначення. Існує два способи нанесення декоративного узору на світильник – з частковим руйнуванням поверхні його розсіювача (хімічна обробка, абразивне утворення матової поверхні, полірування та шліфування) і без руйнування (нанесення фарби). При хімічній обробці може бути утворена матова чи полірована поверхня внаслідок взаємодії травника (плавикової кислоти) з поверхнею скла. Концентрація плавикової кислоти має бути незначною (до 40%) для того, щоб оброблювана поверхня була після обробки гладкою. Перед травленням скло промивають у соді і 10%-му розчині плавикової кислоти. Якщо матовими мають бути і внутрішня, і зовнішня поверхні деталі СП, як травник беруть рідину, в яку занурюють деталь. Якщо ж протравити треба тільки одну з поверхонь, як травник беруть пасту, яку наносять щіткою. Якщо на деталі має бути вибіркове травлення, тобто витравлення окремих ділянок, користуються спеціальним лаком, який є стійким до даного травника і його потім можна змити розчинником. Іноді зручно використовувати воск. Спочатку воском покривають всю поверхню, а потім з тих ділянок, які мають бути протравлені, прошарок воску знімають. Після цього заготовку занурюють у травник. Таке травління називають світлим.

Хімічне полірування здійснюють травленням деталей у розчині суміші сірної і плавикової кислот, нагрітому до температури 45-55 °С. При цьому поверхня стає блискучою і гладкою. Таким способом зручно обробляти скло зі значним відсотком PbO, тобто таке, що хімічно нестійке до даного травника. Хімічним поліруванням зазвичай обробляють елементи люстр.

Для травлення використовують два баки різної ємкості. У першому баці меншої ємкості зроблено отвори. Сюди вміщують деталі, що підлягають поліруванню. У другому баці знаходиться травник. Встановивши один бак в інший, деталі витримують у травнику потрібний час і після травлення промивають водою. Чим більше циклів “травник-вода-травник” виконано для деталей, тим вища якість полірованої поверхні. Оптимальні режими хімічного полірування, випробувані у світлотехнічному виробництві, наведено в табл. 9.

Таблиця 9 - Режими хімічного полірування

Число занурень деталей у травник	Тривалість одного занурення, с	Загальна тривалість занурення, с
3-4	15-30	45-120
8-10	5	40-50
40-50	1-2	40-100

Оптимальний режим травлення підбирають після проведення пробного полірування на невеликих партіях розсіювачів. Як правило, процеси хімічного полірування добре автоматизовані і їх виконують на спеціальних лініях.

Якщо габарити елементів люстр, що підлягають поліруванню, значні, зручніше використовувати вогняне полірування. При нагріві скла до температури розм'якшення і повільному охолодженні поверхня скла набуває гладкості й блиску. З цією метою деталі зі скла нагрівають полум'ям газового пальника, або намащують сажею і нагрівають у печі (сажа вигорає і підплавляє поверхню скла). Вогняне полірування при крупносерійному і масовому виробництві здійснюють у неперервних тунельних печах. При цьому деталі завантажують на конвеєрну ленту, яка проходить через тунель з серією пальників. Механічне шліфування і полірування застосовують для одержання рельєфних рисунків. Полум'я пальників і швидкість руху деталей контролюються.

Шліфування здійснюють на спеціальних плоскопаралельних верстатах абразивним інструментом або абразивними пастами.

Для одержання на виробках кольорових рисунків використовують муфельні фарби, що являють собою дрібнодисперсні легкоtopкі кольорові стекла – порошинки з додатком фарбників. До складу муфельних фарб як основні компоненти входять окисли: PbO , B_2O_3 , SiO_2 , Na_2O , а як додаткові – сурик Pb_3O_4 і борна кислота H_3BO_3 . Одержана суміш є безкольоровою речовиною, яка називається плавнем. Фарбниками зазвичай є окисли металів (олово, титан, сурьма, церій). Їх відпалюють у вигляді порошку при температурі 800-1300 °C (для того, щоб у скляній шихті не було вологи, яка призведе до специфічних дефектів скла – пухирців) і додають до плавня.

Декоративне покриття наносять на деталь такими способами:

1. Шовкотрафаретний друк.
2. Фотохімічний спосіб.
3. Спосіб рухомих деколей.

При трафаретному друці на капронову сітку наносять трафарет рисунка. Ті місця, що мають бути зафарбовані, зачищають. Сітку притискають до деталі і зверху намащують прошарком фарби, яку витісняють через трафарет гумовим шпателем або валиком. Якщо треба зробити багатокольоровий рисунок, використовують кілька сіток-трафаретів.

При фотохімічному способі рисунок наносять фарбою на клейку світлочутливу плівку, яку переносять на деталь. При попаданні світла плівка під фарбою зберігається, а незахищені фарбою ділянки плівки зникають внаслідок перебігу фотохімічних реакцій.

Спосіб рухомих деколей полягає у такому. Деколі складаються з рисунків, нанесених на прозору плівку, що за допомогою водорозчинного клею приклеєна до паперу. Для перенесення рисунка деколь занурюють у ванну з водою, і після розм'якшення паперу наносять на виріб рисунком догори. Після цього висмикують папір і щільно притискають зображення до скла (щоб

позбутися повітряних бульбашок). Для закріплення зображення виріб відпалюють у печі при температурі 560-580 °С.

Іноді використовують спеціальні фарби, так звані люстри. Це тонкі, злегка зафарбовані плівки з коефіцієнтом відбиття більшим, ніж у скла. Деталі з люстровим покриттям блискучі, мають святковий вигляд. Зазвичай люстри наносять розпиленням, з подальшим відпалом для закріплення на деталі тонкого прошарку. При використанні люстр треба пом'ятати, що вони знижують коефіцієнт пропускання скла на 20-30%. Тобто для світильників, які грають роль прикраси, люстри зручні, а для реальних освітлювальних приладів – ні.

Світлотехнічні і захисні покриття

У світлотехнічному виробництві покриття використовують як для створення у елементів СП певних світлотехнічних характеристик (світлотехнічні покриття), так і для захисту металів від корозії і декорації (захисно-декоративні покриття). Залежно від матеріалу покриття розділяють на металічні (одержані в гальванічний чи вакуумний спосіб) і неметалічні (одержані розпиленням, зануренням чи іншими методами). Неметалічні покриття розділяють на органічні (лаки, фарби, мастила) і неорганічні (фосфати, оксиди, силікатні емалі).

Найбільш поширеними у світлотехнічному виробництві є лакофарбові покриття.

Перед нанесенням покриття треба підготувати поверхню. Існує декілька видів підготовки поверхні: механічна, термічна і хімічна (травлення, знежирення та фосфатування). Травленням знімають окалину та іржу. Знежирення вилучає з поверхні бруд. Для знежирення використовується уайт-спірит. Фосфатування є процесом нанесення на поверхню чорних металів плівок з фосфорно-кислих солей, які покращують адгезію покриття до робочої поверхні.

Контрольні запитання

1. Світле травлення.
2. Хімічне і вогняне полірування.
3. Муфельні фарби і методи їх нанесення на робочу поверхню.
4. Люстрові фарби.
5. Класифікація покриттів у світлотехнічному виробництві за експлуатаційними ознаками і сортом матеріалу покриття.

ЛЕКЦІЯ 13

Методи і обладнання нанесення лакофарбового покриття

1. Пневматичне розпилення. Це один з найбільш розповсюджених способів фарбування. Його сутність полягає у розпиленні фарби стиснутим повітрям. Він забезпечує високу рівномірність нанесення прошарку фарби і високу продуктивність роботи. Схема пневматичного розпилення наведена на рис. 32. Стиснуте повітря під тиском 0,2-0,5 МПа по шлангу 5 через знижувальний редуктор 6 надходить до баку 7 з фарбою, яка переміщується крильчаткою 8, оберти якої здійснюють вручну 4. Під тиском фарба починає витіснятися до трубки 9 і через кран 3 по каналу 10 надходить до фарбувального пістолета 1. До пістолета по шлангу 2 подають стиснуте повітря, яке розпилює фарбу на дрібні частинки. При натисненні на гачок пістолета відкривається сопло і фарба у розпиленому вигляді подається на поверхню деталі. Схему пневматичного пістолета наведено на рис. 33.

У рокоятці корпусу 5 розміщується патрубок 6 для подання стиснутого повітря. Фарба може подаватися через патрубки 3 або 8. У нашому випадку (див. рис. 32) це патрубок 8. Патрубок 3 служить для подання фарби самопливом і при робочому патрубці 8 він закритий. При натисненні на гачок 7 зачіпка 4 відводить ліворуч стрижень 2, відкриваючи сопло 1.

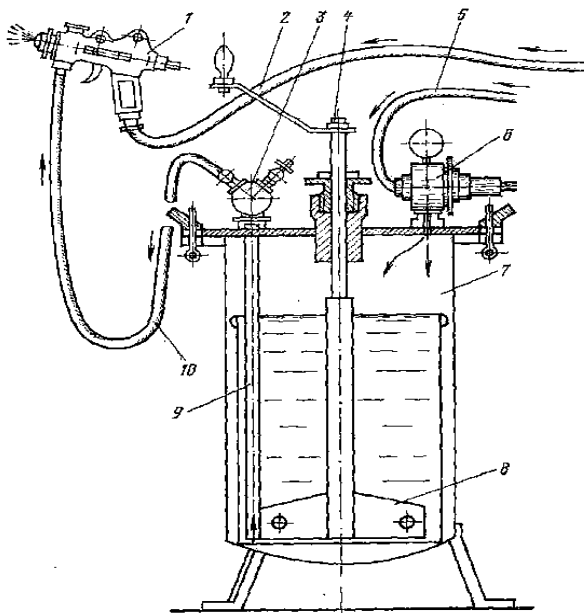


Рис. 32 - Пневматичне розпилення

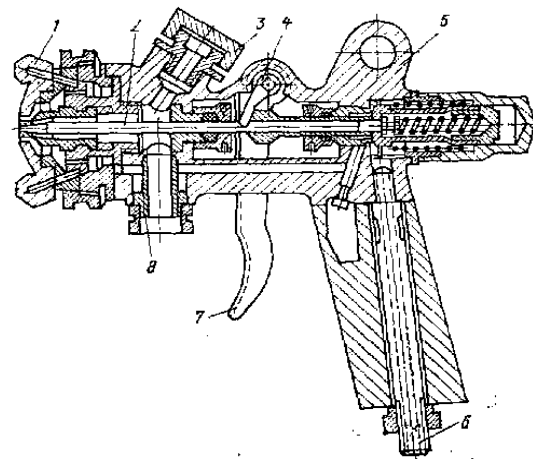


Рис. 33 - Пневматичний пістолет

Метод пневматичного розпилення має недоліки. По-перше, це токсичність і пожежонебезпечність, по-друге, значні втрати фарби. Для усунення цих недоліків призначені фарбувальні камери – тупикові чи прохідні (залежно від того, в який спосіб здійснюється подання деталей – відповідно вручну чи автоматично). Фарбувальна камера містить систему вентиляції, фільтри для очищення повітря, пристрої для відбору фарби і СП місцевого освітлення. Схема камери наведена на рис. 34.

Корпус камери 2 розміром 1х2 м² виготовлений з тонкого сталевго листа. На стінках камери розташовані утримувачі зайвої фарби 4 – канали, з яких тече вода, що надходить з баку 3. У центрі камери знаходиться стіл 5 (який може вільно обертатися), призначений для влаштування на ньому деталей, що підлягають фарбуванню. Краплі фарби,

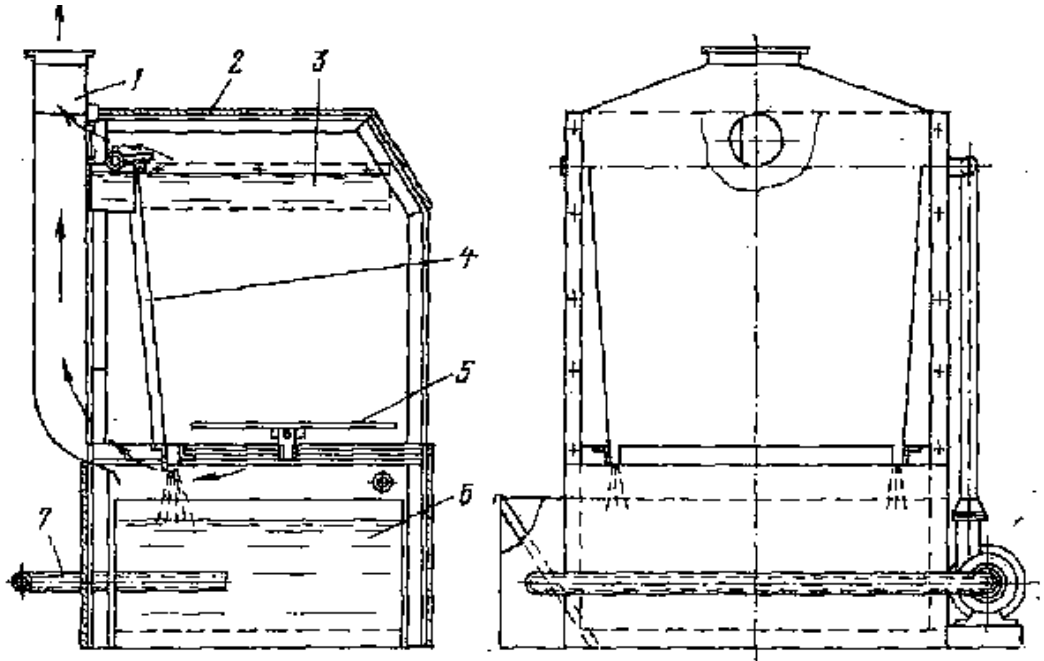


Рис. 34 - Фарбувальна камера

що не потрапляють на деталь, утримуються водою, яка вільно потрапляє у бак 6. У баці вода з фарбою розділяється на дві складові. Фарба витісняється нагору і спливає на поверхню, а вода залишається внизу. У результаті воду можна відкачати через канал 7 до баку 3, а фарбу знову подати до пневматичного пістолета. Вентиляційний канал 1 знижує концентрацію шкідливих і вибухонебезпечних парів у камері.

Слід відзначити, що наведені в нашому прикладі габарити камери не є жорстко регламентованими, і залежать від габаритів деталей, що готуються до фарбування.

Фарбування в електростатичному полі. Робочу схему, що реалізує вказаний метод, наведено на рис. 35. Як видно з рисунка, на рухомий заземлений конвеєр 3 навішуються деталі 2, що мають бути пофарбовані. Фарба до розпилювачів подається з баку 4. Розпилювачі 1 виконано таким чином, що вони можуть обертатися навколо своїх осей, що збільшує ефективну площу фарбування. На трубку, через яку надходить фарба, подають напругу 80 кВ негативної полярності, так що частинки фарби набувають електричного заряду і прискорюються електричним полем, рухаючись до позитивно зарядженої поверхні деталі. Міжелектродна відстань складає 2-3 см. Рівномірний рух конвеєра забезпечує рівномірність покриття.

За цим способом фарба може наноситись на деталі і в сухому вигляді (**порошкове фарбування**). Після обсіпання фарбовим порошком деталі на конвеєрі проходять через піч. Зберігання фарби тут значне.

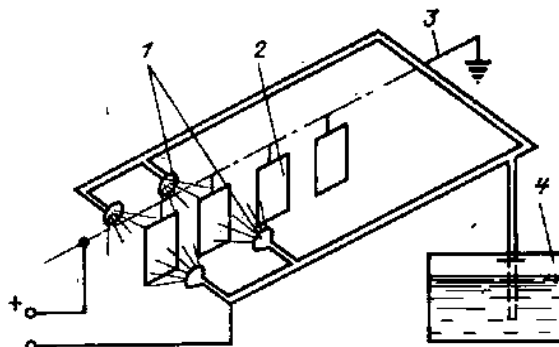


Рис. 35 - Фарбування в електростатичному полі

3. Занурення деталей у фарбу. Це найбільш простий і вельми продуктивний з точки зору техніки виконання спосіб. Він придатний для деталей обтічної форми (на яких не утримується фарба, що призводить до різнотовщинного фарбування). При фарбуванні за цим способом необхідно контролювати в'язкість фарби, що впливає на товщину прошарку фарби і швидкість її стікання з вже пофарбованої поверхні. Слід зазначити, що спосіб занурення не підходить для одержання фарбованих поверхонь високої якості. При зануренні під прошарок фарби попадають повітряні бульбашки, часто трапляються напливи фарби.

4. Фарбування електроосадженням. Це гібрид способів занурення деталей у фарбу і фарбування в електростатичному полі. Робочу схему, що демонструє вказаний спосіб, наведено на рис. 36. Як видно з рисунка, деталі підвішують на позитивно заряджений 3 конвеєр 4 і просувають через бак 1 з фарбою 2, яка постійно перемішується повітрям від насоса 5. Бак 1 відіграє роль негативно зарядженого електрода. Під дією електричного поля частинки фарби рухаються до деталей і осаджуються на них. На початку процесу

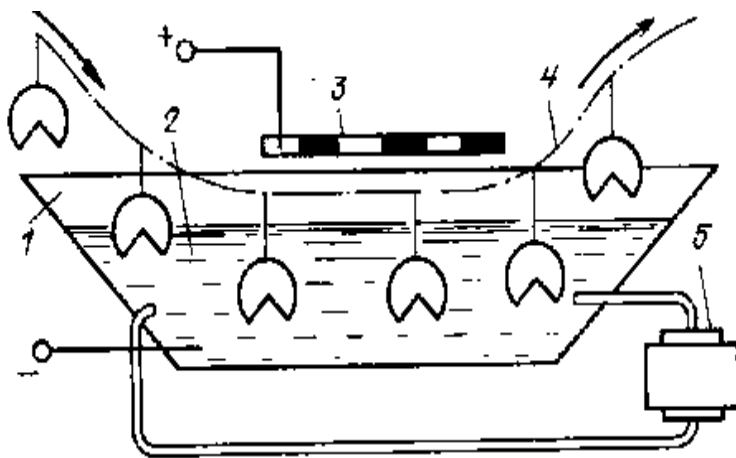


Рис. 36. Фарбування електроосадженням.

фарбуються ті місця, де електричне поле сильніше (виступи), далі починають профарбовуватись інші ділянки. У результаті на виробі утворюється щільна

однорідна плівка однакової товщини. Оптимальний режим електроосадження такий: густина струму 0,2-0,6 А/дм², температура фарби у баці 25 °С, час електроосадження 1-3 хв. Після електроосадження деталі промивають водою, витримують на повітрі близько півгодини і висушують при температурі 120-200 °С. Цей процес легко піддається автоматизації, і витрати фарби незначні.

5. Струминний облив. Принципово фарбування обливом (див. рис. 37) мало чим відрізняється від фарбування зануренням. Цей спосіб застосовують для фарбування деталей, до якості яких немає строгих вимог. Деталі на рухомому конвеєрі 2 просуваються до фарбувальної камери 3, де їх обливають фарбою через форсунки 4. Зайва фарба стікає в бак, звідки може нагнітатися насосом 1 знову до форсунок. Вхідний і вихідний тамбури (для подання заготовок і виведення виробів) оснащені повітряними завісами, що не пропускають токсичні випаровування до приміщення цеху. Тривалість обливу складає 1-2 хв.

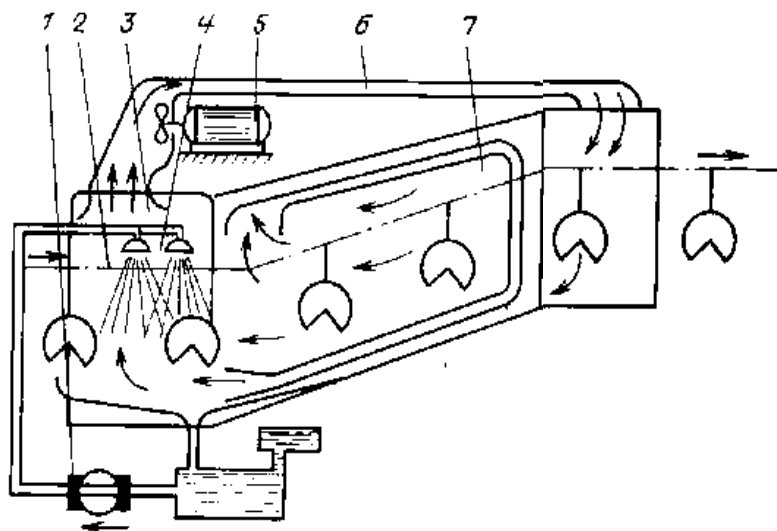


Рис. 37 - Фарбування обливом

Товщина покриття деталі фарбою контролюється витримкою фарбованої деталі у парах розчинника, які нагнітаються в тунель 7 (де накопичуються вироби) вентилятором 5 через патрубки 6. Товщина фарбування виробів в цей спосіб зворотно пропорційна концентрації парів розчинника і часу витримки деталі в них (що, як правило, не перебільшує 15 хв). Концентрація токсичних парів не повинна досягати 1/2 від граничної концентрації вибуху.

Контрольні запитання

1. Пневматичне розпилення. Схема промислової установки. Принцип роботи пневматичного пістолета. Фарбування у камері.
2. Фарбування в електростатичному полі і зануренням деталі у фарбу.
3. Фарбування електроосадженням.
4. Струминний облив.

ЛЕКЦІЯ 14

Сушіння лакофарбового покриття

Сушіння дозволяє вилучити з поверхні деталі зайвий розчинник. Сушіння буває природне (15-25 °C) і штучне (100-200 °C). Для матеріалів, у яких плівка утворюється внаслідок випаровування і викид легколетучих компонент, більш зручне природне сушіння. Для матеріалів, у яких процес висихання протікає складніше (випаровування, викид, окислення, конденсація і полімеризація) застосовують штучне сушіння. Для штучної сушки використовують печі, що відрізняються як за конструктивною ознакою, так і за способом нагріву. За конструктивною ознакою печі бувають періодичної і безперервної дії (одноразові чи з автоматизованою подачею матеріалу). За способом нагріву печі бувають конвекційні, терморадіаційні й індукційні.

1.Конвекційне сушіння. Тут фарбовані вироби нагріваються через їх контакт з гарячим повітрям, що циркулює в робочому просторі печі. Для нагріву повітря використовують калорифери (обогрівачі), що нагріваються паром чи електроенергією. Для підвищення ефективності конвекційних печей використовується рекуперація повітря, тобто нагріте повітря вентиляторами циклічно перегоняється через калорифер у сушільну камеру. Однак незважаючи на рекуперацію, повітря поступово насичується парами розчинника, тому частину повітря періодично вилучають з процесу рекуперації і замінюють на свіжу. Якщо цього не зробити, процес сушіння стане повільнішим, а на покритті утвориться тонка плівка, під якою буде знаходитись невисушена фарба. Недоліком конвекційного сушіння є низький ККД печей, так як лише незначна частина тепла витрачається безпосередньо на сушіння, а більшість йде на нагрів робочої камери або виноситься без користі при заміні повітря на свіже. Конвекційні тупикові сушильні печі періодичної дії використовують лише у дрібносерійному виробництві. Під час завантаження вони, фактично, не працюють, що знижує загальний коефіцієнт їх використання. Конвекційні тунельні печі безперервної дії призначені для крупносерійного виробництва, вони монтуються поруч з фарбувальними камерами, утворюючи так звані лінії фарбування (або фарбувально-сушильні агрегати). Тунельні печі оснащені автоматами відкриття і закриття тунелю печі і повітряними завісами, які не дозволяють холодному повітрю потрапляти до камери ззовні. На практиці робоча температура тунельних конвекційних печей складає 100-120 °C.

2.Терморадіаційне сушіння. Відомо, що при попаданні випромінення на фізичне тіло відбувається його нагрів. За законом Ейнштейна $E = h\nu$ нагрів є тим сильнішим, чим вища частота випромінення. Можна припустити, що при опроміненні фарбованої поверхні УФ-випроміненням сушіння буде відбуватися більш ефективно, ніж при опроміненні ІЧ-випроміненням. Втім, насправді, ситуація зворотна. Річ в тому, що при незначній частоті випромінення є довгохвильовим, тому його проникність у тіло значніша. Крім того, незначна енергія $h\nu$ у випадку ІЧ-випромінення недостатня для активізації перебігу фотохімічних реакцій у прошарку фарби. Як джерело ІЧ-випромінення

використовують інфрачервоні лампи, або трубчасті електронагрівачі. Для рівномірності опромінення по поверхні фарбованої деталі зручно використовувати разом з джерелами світла дзеркальні відбивачі. При терморадіаційному сушінні фарби різних кольорів висихають по-різному (першими висихають поверхні, фарбовані темними кольорами, оскільки поглинання в них більше, а відбиття менше, а потім світліші поверхні). Печі з терморадіаційним нагрівом бувають прохідними й тупиковими. Крім того, досить поширені так звані печі з конвекційно-радіаційним нагрівом. У цьому гібриді різних типів печей вдало взаємоскомпенсовані їх недоліки (нагрів паром прискорює терморадіаційне сушіння, а наявність опромінення поверхні підвищує ККД конвекційної печі).

3. Індукційне сушіння. У світлотехнічному виробництві цей тип сушіння практично не використовується, так як він обмежений габаритами фарбованої деталі. Він використовується лише при сушінні фарбованих поверхонь автомобільних фар.

Гальванічне покриття

Як відомо, під дією електричного струму молекули електроліту (розчин солі металу) розпадаються на складові – позитивні і негативні іони. Це явище називається електролізом, і воно знайшло застосування у гальваностегії – у процесах нанесення на поверхню металічних заготовок тонкого прошарку інших металів. Для одержання необхідного покриття заготовку вміщують у вигляді катода до електролітичної ванни, що містить сіль того металу, яким треба покрити предмет. Перед гальванообробкою поверхні необхідна її попередня підготовка (механічна, хімічна, електролітична). До механічної обробки відносять шліфування, полірування, піскоструминну обробку та крацевання (обробка металічними щітками). Для хімічної обробки, тобто знежирення використовують уайт-спірит, бензин, скипидар та лужні розчини. Способи нанесення розчинника різні: занурення у ванну, обробка парами розчинника, розпилення розчинника на робочу поверхню. При знежиренні треба контролювати стан розчинника (який з часом забруднюється) і якість промивки (повне зняття розчинника з поверхні). Для активізації процесів знежирення використовують електричне поле. У цьому разі процес називається електролітичним знежиренням. Під дією струму на деталі в результаті хімічних реакцій активно виділяється водень, який механічно зриває з забрудненої поверхні жирову плівку. Оптимальний режим електролітичного знежирення такий: густина струму 3-8 А/дм², температура електроліту 60-75 °С, тривалість процесу 5-10 хв. Якщо перераховані способи не очищають поверхню повністю (залишились окисли, іржа тощо), використовують вибіркоче травлення (тобто травлення таким травником, що не реагує з основним матеріалом поверхні, але розчиняє бруд). Приклад вибіркового травника – соляна кислота при травленні чорних металів, їдкий натр при травленні алюмінію тощо. Для активізації дії травника доцільно використовувати ультразвук (ультразвукове очищення).

Розглянемо основні гальванічні процеси в світлотехнічному виробництві:

1. Цинкування. Є основним способом захисту від корозії виробів з чорних металів. У процесі виготовлення СП цинкують всі кріпильні деталі, а

також елементи, що спеціально не фарбуються – планки, скоби для кріплення ПРА, заціпки тощо. У багатьох випадках деталі цинкують до нанесення на них лакофарбового покриття. Корозійна стійкість оцинкованих виробів залежить від товщини оцинковки, а товщина – від умов експлуатації виробу. Для нормальних умов експлуатації достатньою є товщина оцинковки 9 мкм, для важких умов товщина оцинковки досягає 42 мкм. Для гальванічного цинкування використовують в основному сульфатні електроліти і у меншій мірі – ціаністі і цинкатні (через їх токсичність).

2. Кадмірування. Використовується при захисті від корозії сталевих виробів, що експлуатуються в умовах підвищеної вологості, тропічного чи морського клімату. Кадмій – м'який та пластичний метал, тому його зручно використовувати для покриття різьбових з'єднань та пружин. Недоліком покриття цього типу є його висока собівартість.

3. Нікелювання. Ці покриття відзначаються низкою переваг – вони добре поліруються до дзеркального блиску, мають добру механічну та корозійну стійкість. Нікелювання знайшло широке застосування при виробництві СП житлових та громадських приміщень як спосіб декоративного покриття окремих елементів світильників.

4. Хромування. Використовується при виготовленні дзеркальних відбивачів СП. Перевагою хромування є високий блиск покриття, який деталь набула лише гальванічною (без додаткової механічної обробки) обробкою. Хромування виконують при густині струму 50-80 А/дм² і температурі електроліту до 70 °С. Залежно від співвідношення між температурою електроліту і густиною струму хромуванням можна одержувати різні поверхні: молочні (густина струму 50 А/дм², температура 70 °С), блискучі (густина струму 65 А/дм², температура 45-60 °С), матові (густина струму 80 А/дм², температура 25-45 °С).

Для гальванізації поверхні використовують барабанні ванни, здатні обертатися (для деталей незначних розмірів), і стаціонарні ванни – для крупногабаритних деталей. Ванни – це сталеві баки, внутрішня поверхня яких оброблена кислотностійким розчином. Для підігріву ванн передбачено зміяки. На бортах ванн вмонтовано витяжки для захисту від токсичних випаровувань. Як джерела постійного струму використовують генератори постійного струму та випрямлячі. На світлотехнічних заводах гальванічні ванни вишикують у лінії, вздовж яких налагоджено прохід для підйомно-транспортних засобів.

Контрольні запитання

1. Конвекційне сушіння
2. Терморадіаційне і конвекційно-радіаційне сушіння.
3. Принцип гальванізації.
4. Види поверхонь, одержаних гальванічним шляхом, та їх використання у світлотехнічному виробництві.

ЛЕКЦІЯ 15

Виготовлення відбивачів світильників

Як відомо, існують три основні види відбиття: дзеркальне (кут падіння дорівнює куту відбиття), дифузне (тілесний кут відбитого потоку складає 2π) і спрямовано-розсіяне (світловий потік відбивається у напрямках, близьких до напрямку зеркального відбиття). Дзеркальним відбиттям відзначаються поліровані металічні поверхні. Дифузне відбиття забезпечують поверхні, вкриті білими емаліями. Спрямованно-розсіяним відбиттям відзначаються металічні травлені або слабкополіровані поверхні. Дзеркальні відбивачі застосовуються при виготовленні світильників і прожекторів, призначених для освітлення промислових підприємств і відкритого простору. Дзеркальні відбивачі потужних прожекторів з дуговими ЛВІ (ДРІ, ДРЛ) іноді виготовляють з силікатного скла з гальванічним срібленням робочої поверхні. Дифузні відбивачі застосовують при виготовленні СП для освітлення промислових, адміністративних і жилих приміщень. Спрямовано-розсіювальні відбивачі використовують в деяких випадках для освітлення промислових приміщень.

Спосіб електрохімічного полірування і подальшого напилення використовують для дзеркальних відбивачів з ЛВІ типу ДРІ і ДНаТ. Для виготовлення відбивачів придатні лише ті метали, що мають високий коефіцієнт відбиття, відзначаються значною механічною та корозійною стійкістю та недифіцитні. З усіх металів цими властивостями характеризується лише алюміній. Його коефіцієнт відбиття 0,94. Разом з цим алюміній має цінну властивість самопасації, тобто здатність утворювати на своїй поверхні оксидні плівки Al_2O_3 , які прозорі й захищають більш глибокі прошарки алюмінію від корозійних процесів. Так, уже через 2-3 хв. на свіжополірованій поверхні алюмінію утворюється плівка Al_2O_3 затовшки 3 мкм.

На сухому, чистому повітрі така плівка зберігається протягом 4-5 років. Проте агресивне середовище (наприклад, морське повітря) швидко знищує цю плівку, що призводить до потускніння відбивачів. Для підвищення стійкості алюмінієвих відбивачів процес самопасації активізують штучно, для чого до складу технологічних процесів виготовлення відбивачів додають додаткові операції. За кордоном штучне підсилення самопасації називається альзак-процесом, у нас - електрохімічним поліруванням. Сутність цих процесів одна – полірування покриття і створення товстого прошарку плівки Al_2O_3 . Найбільш простим методом підсилення самопасації у алюмінія є оксидування в лужно-кислому електроліті (3% розчин лужної кислоти $HOOC-COOH$) при густині струму 2—4,5 А/дм² протягом 30-60 с. При цьому утворюється плівка Al_2O_3 товщиною 0,02 - 0,05 мм. Розповсюдженим є також спосіб кварцування - напилення у вакуумі на плівку Al_2O_3 прошарку монооксиду кремнію SiO_2 . Така плівка відзначається підвищеною стійкістю до впливу природного (тропічний клімат) і штучного (випаровування органічних розчинників у хімічних цехах) агресивного середовища, витримує значні перепади температур від -60 до +80°C і нагрів до +300°C але має недолік – знижує

до 5% коефіцієнт ρ , який після такої операції не перебільшує 0,93. Кварцування не зовсім зручне і для виробництва - необхідність створення високого вакуума і високої температури на випаровувачах (до 1800°C), а також строгий контроль за дозуванням пасти, що містить двоокись кремнію.

З урахуванням того, що алюміній є м'яким металом, для його обробки підбирають м'який абразивний інструмент (войлочні круги, змащені пастою ГОИ). Після механічного полірування виконують хімічну чи електрохімічну обробку поверхні. Разом з гальванічною часто використовують і вакуумну дзеркалізацію. Вибір матеріалу для вакуумного напилення виконують, керуючись експлуатаційними і економічними міркуваннями. Високим відбиванням характеризуються плівки з срібла ($\rho=0,94$), золота ($\rho=0,82$), кадмію ($\rho=0,86$), алюмінію ($\rho=0,94$). Видно, що алюміній є найпріоритетнішим матеріалом. Крім сорту матеріалу на його відбивальні характеристики не останню роль відіграє ступінь його чистоти – бездомішковість ("impurity") і спектральний склад опромінення. Вплив хімічного складу алюмінію на його відбивальні властивості чітко простежується на рис. 38.1. Видно, що використання високочистого алюмінію може сприяти збільшенню коефіцієнта ρ практично у два рази. На рис. 38.2 показано вплив спектрального складу джерела світла на якість ефекту дзеркального відображення від відбивача (криві 1, 1' визначено для срібла – щойно напиленого (1) і після перебування

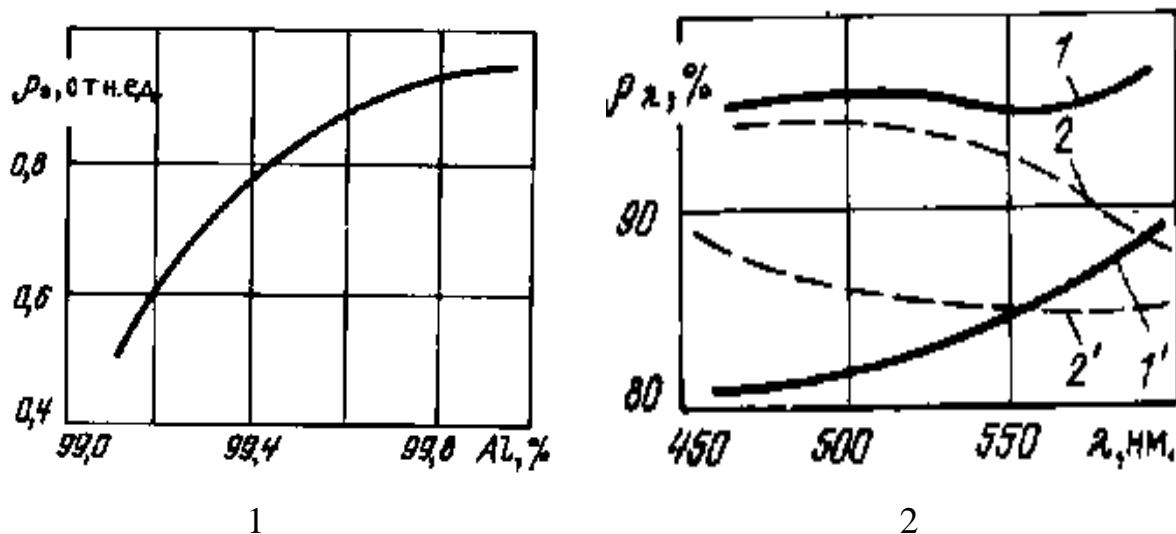


Рис. 38 - Вплив різних чинників на відбивальні характеристики металів

(1,5 місяця) у атмосфері; криві 2, 2' визначено для алюмінію при відповідних умовах експерименту).

При вакуумному напиленні слід враховувати деякі нюанси. По-перше, плівка металу точно копіює рельєф поверхні, і якщо він недосконалий, неможливо одержати відбивачі з коефіцієнтом відбиття вище ніж 0,4-0,45. По-друге, слід враховувати низьку адгезію алюмінію до сталі. Тому (див. рис. 39) перед металізацією треба спочатку згладити поверхню (нанести на метал 1 відбивача емаль 2 для грубого і лак 3 для тонкого згладження поверхні). Після цього можна нанести покриття 4 методом катодного розпилення у вакуумі, яке

вкрити лаком 5 для зовнішнього захисту. Чим товше прошарок 4, тим значніший коефіцієнт відбиття у відбивача СП, як це наглядно видно з рис. 40.

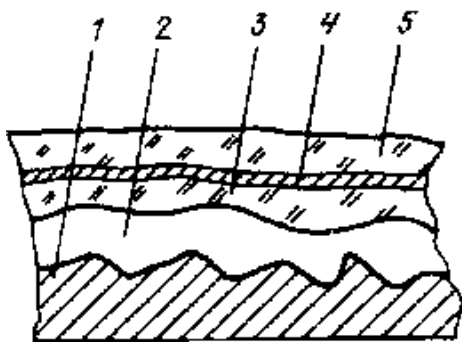


Рис. 39 - Розріз відбивача

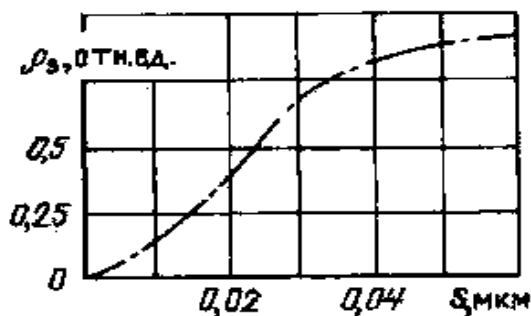


Рис. 40 - Залежність ρ від товщини плівки

Лакове покриття металічної плівки є перевіреним способом захисту від впливу експлуатаційних чинників. Найбільш розповсюдженими є лаки марок УВЛ-3, МЛ-255, МЧ-52, МЛ-133. Меламіноалкідний лак МЛ-133 найбільш часто застосовують у світлотехнічному виробництві і наносять на робочу поверхню за технологією занурення. Товщина лакової захисної плівки звичайно складає 14—18 мкм. Зниження коефіцієнта відбиття ρ на 4-6 % компенсується збільшенням терміну служби відбивачів до 8 років. Захистом алюмінієвого відбивача може бути і рідке скло. За цією технологією готові дзеркалізовані відбивачі занурюють у ванни з рідким склом. Час занурення не перебільшує 5 с, час сушіння складає 60-90 хв.

Як підкладка до виготовлення відбивачів з алюмінізованою поверхнею використовують тонколистову сталь товщиною 0,6-0,8 мм і листовий алюміній товщиною 1-2,5 мм. При складанні технологічного процесу виготовлення відбивачів з алюмінізованою поверхнею треба послідовно визначити всі необхідні операції. Як приклад, розглянемо типову технологічну схему алюмінізації металічних відбивачів, що складається з низки обов'язкових етапів:

1. Підготовка відбивачів перед алюмінізацією:
 - 1.1. Знежирення у розчині уайт-спірита (2 хв.);
 - 1.2. Промивка у гарячій проточній воді;
 - 1.3. Промивка у холодній проточній воді;
 - 1.4. Промивка у розчині натрієвого хромпіка (концентрація до 1,5 г/л);
 - 1.5. Сушіння при температурі 80-100°C;
 - 1.6. Нанесення емалі марки У-418 способом занурення при температурі 18-20° С;
 - 1.7. Сушіння протягом 50 хв. при температурі 200°C;
 - 1.8. Лакування способом занурення (лак марки УВЛ-3). Температура деталей перед зануренням 60—80°C. Час затвердіння лака 15 хв.;
 - 1.9. Сушіння при температурі 90—130°C (30 хв.);
2. Підготовка випаровувачів до роботи:
 - 2.1. Підготовка вольфрамового джгута;
 - 2.2. Підготовка алюмінієвої фольги;
 - 2.3. Обмотка вольфрамового джгута фольгою.

3. Обробка відбивачів електричним розрядом в інертному газі (3-4 хв.) при напрузі 2,5-3 кВ і робочому струмі 50—100 мА.
4. Алюмінізація відбивачів у вакуумі.
5. Закріплення і захист прошарку алюмінію.

Контрольні запитання

1. Види відбивальних поверхонь.
2. Обґрунтування вибору матеріалу для напилення.
3. Які чинники впливають на коефіцієнт відбиття поверхні?
4. Відбивач у розрізі. Призначення кожного з прошарків відбивача.
5. Побудова технологічної схеми виготовлення відбивача

ЛЕКЦІЯ 16

Обладнання для вакуумної металізації

Схема установки для здійснення металізації у вакуумі наведена на рис. 41. Вона складається з камери 2, яку через патрубок 1 відкачують до високого вакууму, вольфрамового джгута 3, який відіграє роль випаровувача, шматків алюмінієвої фольги 5, вагу і кількість яких розраховано на одержання металічної плівки необхідної товщини, і власне заготовок, що підлягають металізації, в нашому випадку набору відбивачів 4.

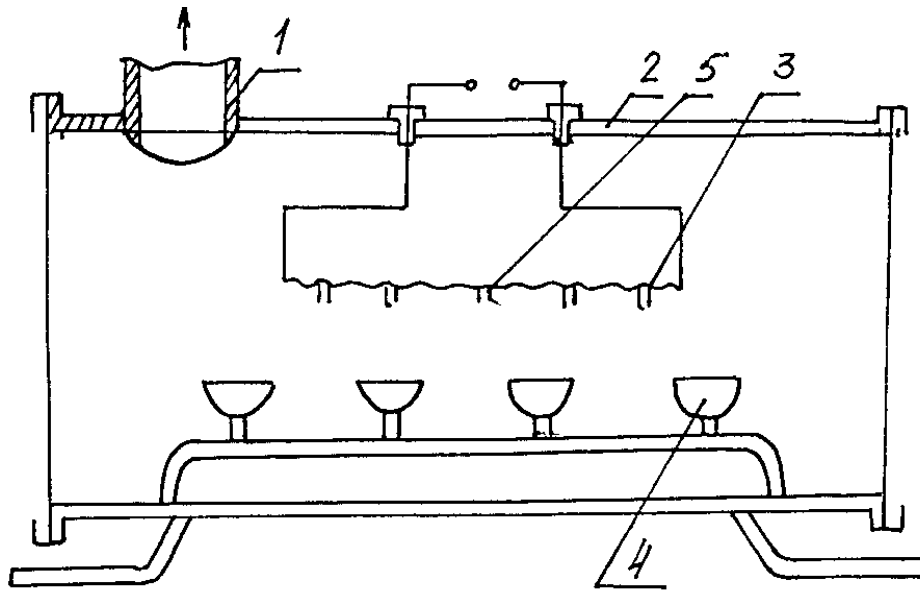


Рис. 41 - Обладнання для вакуумної металізації

Вибір вольфраму як матеріалу для випаровувача цілком зрозумілий. Температура плавлення вольфраму складає 3410°C . Для випаровування алюмінію достатньою є температура $\sim 1000^{\circ}\text{C}$. Тобто, робоча температура металізації не є достатньою для початку процесу високотемпературної деформації вольфраму (для активізації цих процесів температура має бути принаймні $\sim 1700^{\circ}\text{C}$). Сам процес підготовки випаровувачів до роботи і, власне, випаровування здійснюється таким чином. З трьох-п'яти вольфрамових проволокон (одержаних методом волочіння на блочному стані через алмазну чи твердосплавну волоку) звивається джгут. На цей джгут навішують смужки фольги з високочистого алюмінію (марки А 999).

Живлення випаровувачів здійснюється від низьковольтових трансформаторів (напругою 5-30 В). Спочатку подають низьку напругу (5-10 В), що призводить до нагріву джгута до температури $\sim 700-750^{\circ}\text{C}$. Ця температура є достатньою для плавлення фольги, яка при цьому розтягується рівномірно по поверхні джгута. Випаровувач тепер фактично готовий до роботи. Тепер збільшують напругу, підвищують температуру джгута до температури випаровування алюмінію і здійснюють напилення заготовок.

Основні технічні дані для різних модифікацій вакуумних установок наведені в табл. 10.

Таблиця 10 - Технічні дані для різних вакуумних установок

Характеристика установки	Значення характеристики			
	УВ-27М	6ВБ	УВ-18А	УВ-39
Продуктивність, м ² /год	3,8	8	11	14
Діаметр камери, мм	800	1000	1600	1600
Довжина камери, мм	1025	1500	1900	1500
Час циклу, хв	15	до 30	22	2
Робочий тиск, МПа	50-70	100	70	100
Граничний тиск, МПа	-	10	10	70
Встановлена потужність, кВт	12	21	41	42
Маса, кг	1500	2300	2380	4000

Гаряче емалювання

Гаряче емалювання є окремим ефективним способом захисту металічної поверхні відбивача. В основному гарячим емалюванням захищають сталеві відбивачі, хоча цей спосіб підходить і для покриття поверхонь з алюмінію. Перевагою такого покриття є високотемпературна (до 900 °С) стійкість до агресивного середовища, довговічність і зручність при очищенні. Емаль за своїм складом мало відрізняється від скла (основні компоненти: кварцовий пісок, польовий шпат, сода). Для підвищення коефіцієнта відбиття (для емалей він у середньому складає 0,8) до основних компонент додають такі: плавиковий шпат, кріоліт, кремнефтористий натрій, окисли олова, сурьми і цирконію. У результаті змішування цих компонент шихта втрачає прозорість – набуває відтінку. Процес приготування шихти стандартний: ретельне очищення, сушіння і дозування складових. Зварювання складових шихти здійснюється при температурі ~ 1400 °С і триває кілька годин. Коли розплав готовий, його виливають у бак з холодною водою. Скло моментально охолоджується і розтріскується на дрібні шматки – гранули. Емаль у стані гранул називають фриттою. Для того, щоб емаль можна було використовувати як покриття, його треба перетворити з фритти в тоніну. Тоніна – це фритта, яка змолота, подрібнена до порошкоподібного стану. Помел буває сухим і мокрим, але здійснюється однаково у кульових фарфорових млинах обертальними фарфоровими кульками діаметром до 8 см. Тоніну мокрого помелу називають шлікером. Шлікер – це кінцева стадія скла, після якої скло вже перетворюється на емаль. Шлікер ніколи не використовують одразу після приготування, його фізичні властивості мають стабілізуватись, на що потрібен

деякий час. Цей процес називають старінням шлікеру. При нанесенні шлікеру на метал, його відпалюють, внаслідок чого поверхня металу суттєво нагрівається. Для того, щоб цей локальний нагрів не призвів до руйнації металу, останній має відзначатись високою теплопровідністю і пластичністю (тобто можливостями швидко “скинути” зайві напруження, викликані градієнтом температур). Крім того, коефіцієнт лінійного розширення металу має бути близьким до такого для емалі в робочому інтервалі температур. Емаль (як, до речі, і фарба), що нанесена безпосередньо на заготовку, не відзначається значними технологічними чи експлуатаційними показниками, тому її треба накладати в два прошарки. Перший прошарок шлікера називають ґрунтовим. Його призначення полягає у надійному зчепленні з металом, тобто адгезія до марки металу, з якого виготовлено відбивач, має бути його головною характеристикою. Ґрунтовий шлікер сушать при температурі 70-90 °С протягом 15-60 хв. або при температурі 120-180 °С протягом 5-10 хв., після чого відпалюють при температурі 850-900 °С. Сушку і відпал можна здійснювати у муфільній печі, вона зручна можливістю послідовного підтримування різних температурних режимів. На якість відпалу шлікера суттєво впливає якість його попереднього помелу. Якщо шлікер змолотий недбало, трапляються незмолоті крупні фракції, при нагріві шлікера до температури плавлення на поверхні металу утворюються краплі емалі. На відміну від ґрунтового, покривний шлікер має інше призначення. Він має забезпечити максимальний коефіцієнт відбиття відбивача світлового приладу і бути стійким до зовнішнього середовища. Температурний коефіцієнт розширення покривної емалі має бути дещо нижчим, ніж у металу заготовки відбивача (цей прошарок ближчий до джерела світла, а відтак і нагрівається сильніше). Емаль, якою покрито зовнішню, опуклу поверхню відбивача, має бути дещо іншого складу, ніж “внутрішня”, так як її коефіцієнт лінійного розширення повинен бути вищий, ніж у емалей, розглянутих раніше. Після нанесення покривного шлікеру його знову сушать і відпалюють. Температурні режими для цих технологічних операцій приблизно такі, як і для ґрунтового шлікеру. Склад найбільш розповсюджених ґрунтових і покривних емалей наведено відповідно у табл.11 і 12.

Таблиця 11 - Склад (у частинах на 100 кг скла) ґрунтових емалей

Матеріал	Тип ґрунту			
	1	2	3	4
Пісок	33,5	20	24	44
Бура	51,5	55	37	20
Каолін	22	-	-	20
Польовий шпат	-	35	38	-
Сода	15,7	9	7	20
Селітра	5,9	3	6	6
Плавиковий шпат	6,6	9	9	12
Окись кобальту	0,6	0,4	0,6	0,6
Окись нікелю	0,7	0,6	0,6	0,8
Окись марганцю	1,2	1	2,5	1,8

Таблиця 12 - Склад покривних емалей, ваг. %

Матеріал	Номер покривної емалі					
	1	2	3	4	5	6
Пісок кварцовий	16,03	45	20	30	25	30
Польовий шпат	44,8	11	37	25	30	36
Кріолит	13,06	12,3	-	-	-	-
Борна кислота	11,87	-	14	10	17	14
Плавиковий шпат	-	7,9	-	3	-	-
Бура	-	-	22	20	25	30
Сода	10,83	19,7	5	10	2	7,2
Селітра натрієва	3,47	4,1	2	2	1	3,5

Відбивачі, виготовлені гарячим емалюванням, ретельно контролюються (геометричні розміри, товщина покриття, коефіцієнт відбиття, щільність покриття).

Геометричні розміри контролюють з точністю до 1 мм рулеткою і з точністю до 0,1 мм штангенциркулем. Товщину покриття контролюється з точністю до 0,01 мм мікрометром і з точністю до 0,001 мм компаратором (наприклад, моделі ІЗА-2). Інтегральний коефіцієнт відбиття контролюється фотометром. Тонкі вимірювання виконують з використанням еталонних пластинок, які покривають ґрунтом і покривною емаллю того ж складу і за тією ж технологією, що і відбивач. Щільність емалювання перевіряють хімічним і електролітичним методами. За хімічною методикою перевірки, поверхню виробу занурюють у 2-5%-ний розчин NaCl. У місцях дефектів (плівка емалі тонка або відсутня) деталь набуває жовтого кольору. При електролітичному методі емаль занурюють в електроліт (1%-ний розчин NaCl), і подають напругу 120В: негативний полюс до неемальованої частини, позитивний на емаль.

Електроліт необхідний для зрівняння потенціалу по всій поверхні (щоб зондувалось усе покриття, а не окремі його ділянки). Покриття вважають електрично стійким, якщо протягом 10 хв. міліамперметр, підключений до мережі, не буде показувати наявний струм.

Слід відзначити, що за допомогою емалювання можна одержати поверхню і з спрямованим розсіюванням (глянцева поверхня емалі) і дифузним розсіюванням (шорстка поверхня). Рельєф поверхні залежить не тільки від складу шлікеру, але і від способу нанесення покриття. Таких способів при гарячому емалюванні застосовують чотири: занурення, облив, пневматичне розпилення і розпилення в електростатичному полі.

Контрольні запитання

1. Обладнання для вакуумної металізації.
2. Режим вакуумної металізації.
3. Сутність гарячого емалювання.
4. Технологічні операції для гарячого емалювання.
5. Особливості гарячого емалювання.
6. Контроль покриття, одержаного гарячим емалюванням.

ЛЕКЦІЯ 17

Складання світильників

Якщо операції виготовлення елементів СП у світлотехнічному виробництві займають приблизно 60% робочого часу на виконання всіх робіт, то інші 40% складають витрати часу на складання світильників, що включає до себе операції контролю і упаковки СП.

Складання є етапом виробництва, на якому елементи СП з'єднуються у готовий виріб. Контроль є комплексом заходів перевірки якості СП поелементно і в цілому, його експлуатаційних і технічних характеристик. Упаковка світильників є необхідною при їх зберіганні на складах і транспортуванні. Вироби розділяють на деталі, складальні одиниці, комплекси і комплекти. Деталь – це однорідний виріб, виготовлений без додаткових операцій складання. Складальна одиниця – це частина виробу, одержана складанням. Комплекс – це кілька виробів, не з'єднаних складанням, що призначені для виконання взаємозв'язаних експлуатаційних функцій. Комплект – це кілька виробів, не з'єднаних складанням, що мають спільні властивості допоміжного характеру.

При складанні використовують різні типи з'єднання. Вони бувають рухомі (одна деталь може обертатись навколо іншої) і нерухомі. Нерухомі розділяють на рознімні (гвинтове (різьба) і штифтове з'єднання, шліцові та шпоночні з'єднання, пружинні затискачі, заціпки тощо і нерознімні (з'єднання заклепуванням, склеюванням, зваркою, пайкою, заливкою компаундами тощо). Іноді здійснення нерознімних з'єднань називають чорновим складанням, а рознімних з'єднань і електромонтажних робіт – чистовим. Чорнове складання виконують до нанесення

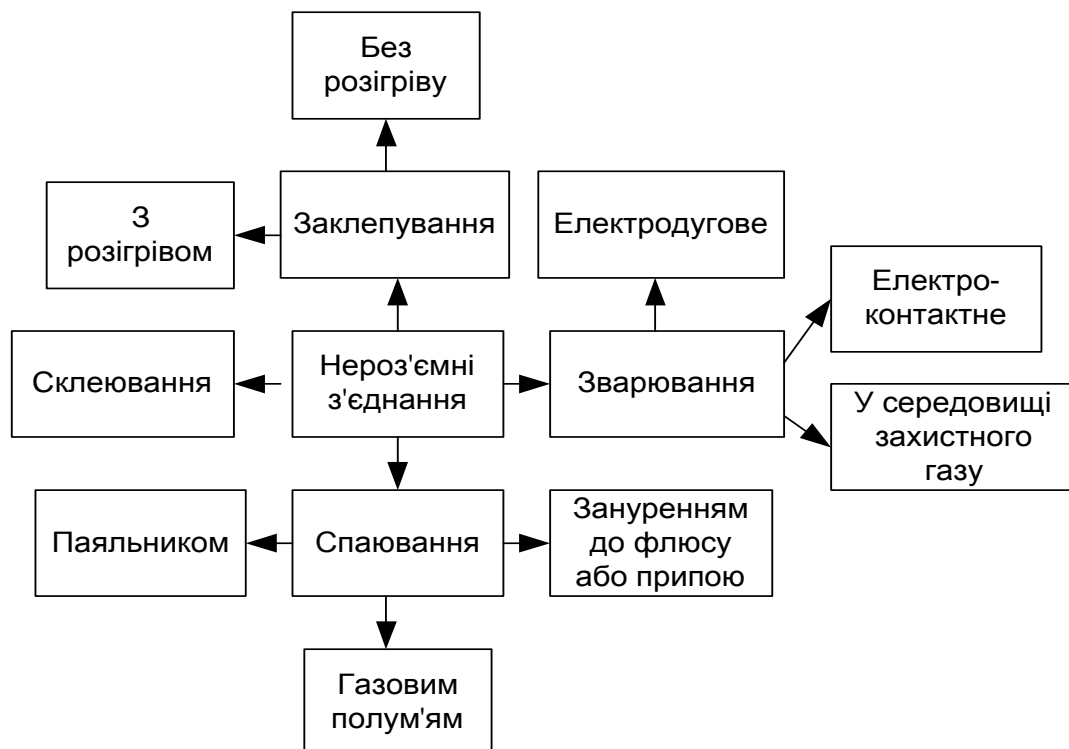


Рис. 42 - Нерознімні з'єднання

лакофарбових покриттів, зазвичай у допоміжних цехах. На рис. 42 і 43 схематично наведено інформацію про основні типи нерознімних з'єднань і інструменту, що використовується при здійсненні рознімних з'єднань. Найбільш розповсюдженим з'єднанням при виробництві СП є рознімне гвинтове з'єднання

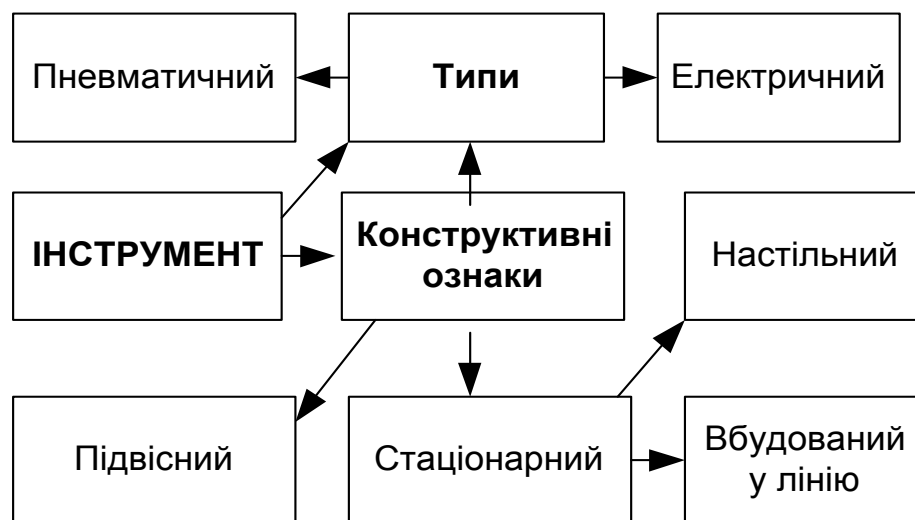


Рис. 43 - Інструмент для роз'ємних з'єднань

Типовий процес складання СП такий:

1. Комплектування і подання деталей на місце складання.
2. Заготовка проводів.
3. Складання патронів.
4. Складання СП.
5. Випробування СП.
6. Транспортування готових виробів.
7. Упаковка.

При виконанні цих робіт керуються робочою документацією. Такою є складальні і деталіровочні креслення, схеми технологічного процесу виготовлення і складання СП, технічне завдання на приймання і випробування виробів, виробнича програма складання; специфікація деталей і вузлів, що підлягають складанню. Креслення мають містити розміри елементів СП і допуски на їх виготовлення і обробку, чітку інформацію (проекції, розрізи) щодо взаємного розташування деталей, конструктивні зазори тощо. Технічні завдання на приймання і контроль виробів мають відповідати вимогам ЄСКД стосовно СП даного типу. Виробнича програма має висвітлювати інформацію стосовно типу і маси елементів СП та річного обсягу їх випуску. Специфікації на деталі і вузли показують, яка їх кількість необхідна для складання одного виробу і номер цеху, в якому вони були виготовлені. При розробці технологічного процесу враховують характер робіт, що підлягають виконанню, і способи цього виконання (методологія, інструмент, устаткування), час на виготовлення одного виробу, кількість і кваліфікація працівників. Залежно від типу виробництва використовують складання як на основі максимальної концентрації операцій (всі операції виконують при можливості найменшою кількістю працівників (часто одним або невеликою

бригадою) і на мінімальній виробничій площі (іноді на одному робочому місці), так і на основі їх максимального розчленування (складні операції розділено на елементарні і кожна виконується одним чи більшою кількістю працівників). Перший тип доцільно використовувати при експериментальному виробництві, другий є зручним для поточного – масового чи серійного виробництва.

Конвеєрне складання характеризується такими ознаками:

1. Спеціалізація робітників для виконання окремих операцій.
2. Механізація транспортних засобів, що передають деталі з позиції на позицію.
3. Синхронізація складальних операцій (різні операції мають виконуватись за приблизно однакові інтервали часу).

Конвеєрне складання СП

У світлотехнічному виробництві використовують вертикально та горизонтально замкнуті конвеєри (залежно від того, в якій площині замкнуто його транспортуючий орган). Більш розповсюдженими є вертикальні конвеєри. Будь-який конвеєр складається з робочих місць, оснащених електричними комунікаціями, і транспортуючого органу, тобто засобу, за допомогою якого складальні одиниці переміщуються з позиції на позицію. Найбільш розповсюдженими при складанні СП є стрічкові та пластинчасті конвеєри. У першому випадку роль транспортуючого органу відіграє гумова стрічка шириною до 0,8 м, що проходить через систему котушок та спрямовуючих роликів. Такий конвеєр є зручним при пересуванні деталей незначної ваги (до 5 кг). Його недоліком є недовговічність транспортуючого органу, тобто стрічки. Цього недоліку позбавлені пластинчасті конвеєри, в яких роль транспортуючого органу відіграють металічні пластини, з'єднані одна з одною. Такий конвеєр витримує важкі елементи СП (до 25 кг), але має недолік - високий рівень шуму при перемотці пластин, який негативно впливає на продуктивність роботи працівників. Використовують також візкові конвеєри, здатні пересувати деталі вагою до 50 кг. У табл. 13 для більш повного уявлення наведено основні робочі характеристики конвеєрів вказаного типу.

Таблиця 13 - Характеристики конвеєрів основних типів

Характеристика	Параметр для конвеєра		
	Стрічковий	Пластичастий	Візковий
Швидкість руху, м/хв.	0,5-2	0,5-2	50-60
Кількість робочих місць	10-30	15-25	30-64
Ширина транспортуючого органу, мм	500-800	400-600	-
Довжина смуги, м	12-30	-	49-60
Кількість візків	-	-	48-64
Потужність приводу, кВт	1,4	1,4	2,8
Ритм роботи	безперервний	безперервний	пульсуючий
Габаритні розміри, мм:			
довжина	14000-35000	16000-30000	20000-30000
ширина	1500-2000	1600-1800	3000-3500
висота	700	700	700

Ритм конвеєру може бути безперервний або пульсуючий. У першому випадку працівники знімають з конвеєра деталі, виконують на робочому місці певні операції і вішають деталі знову на конвеєр. У другому випадку складальні операції виконуються безпосередньо на конвеєрі. При цьому важливо точно розрахувати час, необхідний для виконання кожної операції. Час простою конвеєра визначають за часом найбільш трудомісткої операції. Для того, щоб конвеєр працював ефективно, час простою не має бути суттєво більшим, ніж час виконання окремих операцій. Цього можна досягти дублюванням робочих місць та розділенням трудомістких операцій на простіші. Основним показником роботи конвеєра є його темп (проміжок часу між остаточним складанням $n-1$ -го і n -го виробів. Він розраховується за формулою: $t = [60 \cdot D \cdot C \cdot (T_c - T_n - T_{\text{обс}} - T_{\text{відп}})] / N_p$, де D – кількість робочих діб у році, C – кількість робочих змін на добу, T_c – тривалість зміни, T_n – час, необхідний для переналадки конвеєра, $T_{\text{обс}}$ – час, що витрачається на поточний ремонт (обслуговування) конвеєра, $T_{\text{відп}}$ – час на відпочинок працівників.

При поточному конвеєрному складанні з пульсуючим ритмом несвоєчасне виконання однієї з операцій зупиняє весь процес. Таке трапляється з причин зіпсування інструмента чи виявлення браку на деталі, який унеможлиблює роботу з нею, або через низьку кваліфікацію працівника.

Для підтримки стабільної роботи конвеєра на кожній позиції створюють резервний фонд деталей. У разі небезпеки гальмування потоку деталей є можливість пустити по конвеєру деталь з резервного фонду, а вільний час витратити на усунення причин простою. Розміри резервного фонду визначають з урахуванням специфіки виробництва та інших чинників.

При організації конвеєрного складання слід урахувати можливий у майбутньому перехід виробництва на продукцію нової номенклатури, для чого слід передбачити на конвеєрі додаткові вільні позиції. Це дасть можливість перейти на нове виробництво з мінімальною переналадкою конвеєру.

Рекомендують змінювати темп конвеєру протягом доби. Вранці і ввечері цей темп знижують, а всередині доби роблять максимальним. Це суттєво впливає на продуктивність роботи конвеєра через урахування природного для працівників ритму роботи. На синхронність виконання операцій впливає також комплектування робочих бригад на конвеєрі. Так, літні люди мають працювати з літніми, а молоді – з молодими.

На окремих позиціях операції складання зручно автоматизувати. Як правило, це операції гвинтового з'єднання (з автоматичним поданням та спрямуванням гвинтів), операції змащування елементів СП та інші прості операції.

Контрольні запитання

1. Деталі, складальні одиниці, комплекси і комплекти.
2. Рухомі і нерухомі, роз'ємні та нероз'ємні з'єднання.
3. Робоча документація при складанні СП.
4. Конвеєрне складання. Вертикальні і горизонтальні конвеєри.
5. Типи транспортуючих органів конвеєрів.
6. Ритм і темп конвеєру.
7. Способи синхронізації виконання різних операцій і уникнення простоїв конвеєру.

ЛЕКЦІЯ 18

Контроль СП

До основних операцій контролю СП, що виконуються на світлотехнічних підприємствах, є такі:

1. Контроль якості механічної обробки покриттів.
2. Контроль складання світильників.
3. Контроль світлотехнічних характеристик (фотометрических параметрів СП).

Існує дві форми контролю якості механічної обробки покриттів – пасивна і активна. Пасивна форма контролю відокремлена від виробничого процесу. Такий контроль дозволяє проаналізувати організацію підприємства щодо використання необхідного обладнання і сучасних методик за результатами тестування готової продукції. Пасивний контроль використовується і у випадках аварійного браку та зупинки поточного виробництва. Його недоліком є те, що результати перевірки продукції щодо відповідності необхідним вимогам не можуть бути враховані безпосередньо для підвищення якості дослідженої серії промислових зразків. Активна форма контролю є більш еластичним способом тестування продукції, її результати одержують без зупинки виробничого процесу і безпосередньо впливають на нього. Активна форма контролю на відміну від пасивної спрямована більше для профілактики браку, ніж для його виявлення. Для активного контролю якості механічної обробки поверхонь елементів СП використовуються електронне обладнання. Зокрема, шліфувальні верстати обладнують електронними блоками типу БВ-6230 (абсолютна похибка вимірювання $\pm 10\text{мкм}$); БВ-4252 ($\pm 20\text{мкм}$), токарні, сверлильні й фрезерні станки обладнують блоками типу БВ-4271 ($\pm 2\text{мкм}$) та БВ-4272 ($\pm 2\text{мкм}$).

Окремим напрямком контролю поверхні елементів СП є контроль виготовлення відбивачів СП. Це є найважливішою стадією контролю СП у цілому, так як відомо, що форма відбивача є відповідальною за форму фотометричного тіла виготовленого світильника. Існують якісні і кількісні методики оцінки ступеня обробки поверхні відбивача. Якісні оцінки, як правило, зводяться до аналізу рефлексів (світлових плям), одержаних відбиванням випромінення джерела світла відбивачем. Існують еталонні картини рефлексів, з якими порівнюються світлові картини вироблених СП. За абераціями цих рефлексів, тобто відхиленням від еталонного розташування роблять висновки щодо якості поверхні відбивача. При цьому тип джерела світла, режим його електричного живлення і розташування в СП є таким, як при еталонному вимірюванні. Якісні оцінки не є, строго кажучи, точними, тому їх застосування є обмеженим, наприклад, експериментальним виробництвом. Більшого розповсюдження набули кількісні оцінки якості обробки поверхні відбивачів. Для їх отримання широко використовують спеціальне обладнання – аберографи. Схема їх наведена на рис. 44.

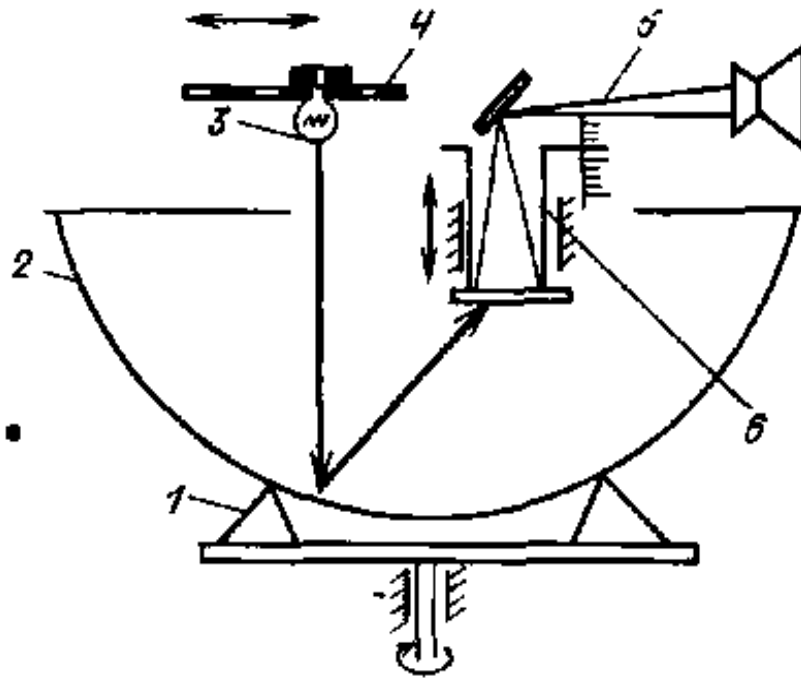


Рис. 44 - Аберограф

Аберограф працює таким чином. На лінійці 4 закріплено освітлювач 3, який випромінює світло у вузькому тілесному куті таким чином, що він може вільно пересуватися вздовж лінійки. Промінь відбивається від відбивача 2 і прямує до оптичної системи 5, яка оснащена тубусом 6 з матованою пластинною з перехрестям. Оптична система має ступені свободи у вертикальній і горизонтальній площинах, завдяки чому можна добитися попадання відбитого променя у центр перехрестя. Після цього починається тестування поверхні відбивача при фіксованому положенні освітлювача шляхом обертання системи 5 у горизонтальній площині. Якщо на зондувальній ділянці поверхня відбивача є гладкою, промінь не виходитиме з центра перехрестя. Після цього освітлювач переміщують уздовж лінійки в нове положення і повторюють експеримент. Задовільна якість відбивача підтверджується незначними аберациями світлового променя. Криві поздовжньої аберації називають аберограмами, і вони є досить інформативні щодо виявлення дефектів штампування відбивачів. Точність фіксації освітлювача і оптичної системи становить 0,1 мм. При цьому аберації можна оцінювати як у одиницях лінійної шкали (мм), так і в одиницях світлоприймальної системи - селенового фотоелемента, фотоелектронного помножувача (ФЕП) і, наприклад, вольтметра.

Крім якості штампування, визначають і якість світлотехнічного покриття поверхні. Насамперед, це якість лакофарбових покриттів. При цьому контролюють якість фарби чи лаку шляхом заміру її в'язкості (візкозиметром типу ВЗ-4), якість власне покриття (надрізами і відшаруванням прошарку покриття, випробуваннями на міцність і еластичність) і його товщина (мікрометрами чи іншим спеціальним обладнанням).

Приділяють увагу і контролю якості гальванічних покриттів. Тут контролюється як режим гальванізації (кислотність електроліту, його

температура, густина струму), так і поверхня, оброблена в гальванічний спосіб.

Товщина гальванічного покриття (як і при контролі лакофарбових покриттів) визначається фізичними та хімічними способами – оптичними приладами чи травленням. Фізичні способи є більш привабливими, бо ґрунтуються на безруйнівних методиках контролю.

Процес гарячого емалювання також підлягає контролю. При цьому контролюється процес підготовки шихти і шлікера, нанесення шлікера на поверхню і його відпалу. Крім того, контролюється товщина покриття і удароміцність (гальванічний прошарок має витримувати контрольний удар приладу маятникового типу без руйнації). Твердість покриття можна відстежувати за шкалою Мооса шляхом нанесення контрольних подряпин.

Світлотехнічні характеристики покриттів (інтегральні і спектральні коефіцієнти відбиття та пропущення, білизна поверхні, кординати кольоровості) контролюють фотометрами (типу ФШУ-2М і ФМШ-56), компараторами (типу ЭКЦ-1), колориметрами (типу УФК-1, ТК-2, КНО-3), системами джерело – монохроматор – ФЕП - приймач випромінювання, блискомірами різних модифікацій (ФБ-2, ФБ-5) тощо.

Контроль якості складання СП полягає у перевірці якості з'єднань і складання СП у цілому.

Якість склеювальних з'єднань перевіряють візуально і окремими випробуваннями (деформування на відрив, розтягування і стиск одночасно з нагрівом у робочому діапазоні температур).

Якість зварювання контролюють перевіркою вихідних матеріалів (електродів, зварювальної проволочи, флюсу тощо), обладнання (зварювальних апаратів) і готової продукції. Крім того контролюються (за допомогою контрольних шаблонів) розміри зварювальних швів, що мають відповідати специфікації на вироб. Якщо зварюванню підлягають світильники, призначені для експлуатації у важких умовах (вибухозахищені і підводні СП), зварювальні шви проходять окрему перевірку на міцність в умовах гідравлічних і пневматичних випробувань. Тиск при таких випробуваннях перевищує робочий тиск приблизно в 2 рази. Використовують також і твердотільні методи дослідження дефектної структури – рентгенівські і ультразвукові.

Якість пайки перевіряють менш строго – як правило візуально. Занижена площа шва пайки і наявність внутрішніх дефектів не суттєво впливають на міцність з'єднання. Визначили, що ці характеристики можуть зменшити міцність пайки не більш ніж на 15-20%.

Якість гвинтового з'єднання окремо не перевіряють. Вона забезпечується або наявністю конструктивних рішень (граверні шайби), або гарантованими зусиллями автоматизованих гвинтовертів (при поточному масовому і крупносерійному виробництві ці операції переважно автоматизовані). Зусилля затяжки гвинтів контролюють динамометрами з похибкою вимірювання $\pm 0,1$ Н.

Якість складання СП у цілому перевіряють стендовими вимірюваннями. Стенди дозволяють контролювати такі характеристики роботи СП, як безшумність роботи ПРА, замикання контактів стартерів при поданні на них напруги 130-220 В, опір ізоляції (у холодному стані має складати не менше 20 МОм при напрузі 0,5кВ) тощо.

Вироблені світильники підлягають приймально-складальним, періодичним і типовим випробуванням. Приймально-складальні випробування, як правило, проводять для незначних серій СП (до 1% від усієї партії). Якщо при цьому виявляється суттєвий відсоток браку перевіряють всю партію (так звана суцільна перевірка).

Періодичні випробування проводять не менше, ніж 2 рази за рік, хоча графік перевірки, залежно від специфіки виробів, може змінюватись. Обсяг перевірки складає значний відсоток від партії СП, що підлягає контролю.

Типові випробування проводять при переході виробництва на нові модифікації світильників, або при внесенні суттєвих змін до існуючих конструкцій і схем технологічних процесів виготовлення і складання СП.

У табл. 14 наведено класифікацію обладнання для контролю і випробування світильників.

До світлотехнічних випробувань СП відносять вимірювання освітленості, створеної світлою поверхнею світильника, світлового потоку, яскравості і захисного кута при включенні світильників до мережі змінного струму частотой 50 Гц при синусоїдальній формі кривої напруги від часу. Для чистоти експерименту стежать за тим, щоб коливання напруги в мережі не перевищувала $\pm 1\%$ від номінального значення. При урахуванні цих особливостей похибка світлотехнічних вимірювань не перевищує 5—10 %.

Таблиця 14 -Класифікацію обладнання для контролю і випробування СП

Клас обладнання – спеціальне технологічне		
Підклас обладнання	Група обладнання	Підгрупа обладнання
11. Операції контролю	11.1. Прилади контрольно-вимірювальні	11.1.1. Для контролю параметрів оптичного випромінювання 11.1.2. Для контролю фотометричних параметрів світлотехнічних матеріалів і деталей конструкцій 11.1.3. контролю електричних параметрів 11.1.4.Для контролю геометричних параметрів
	11.2. Обладнання випробувальне	11.2.1. Для електричних випробувань 11.2.2.Для механічних випробувань 11.2.3.Для кліматичних випробувань 11.2.4.Для теплових випробувань
	11.3. Засоби вимірювань 11.4. Засоби механізації і автоматизації	- -

Вимірювання світлотехнічних характеристик проводять за схемою, наведеною на рис. 45.

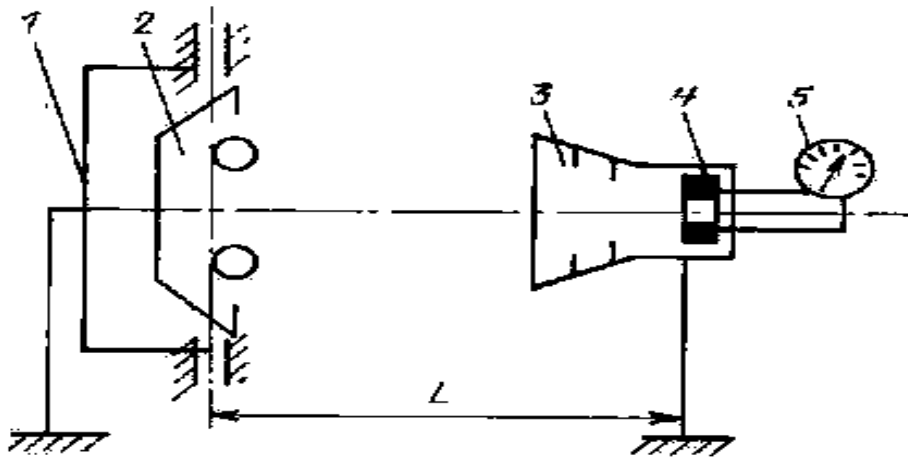


Рис. 45 - Установка для визначення сили світла і освітленості, що створюється СП.

Як видно з рисунку, оптична система складається з обертального пристрою 1 і досліджувального світильника 2, на змінній відстані L від якої може розташовуватись світлоприймальна система, що складається з фотоеlementу 4, закритого тубусом 3 (для запобігання надходженню на приймач стороннього світла). Приймач градується еталонним джерелом світла і перетворюється фактично на люксметр. На такій установці можна виміряти поздовжні і поперечні криві сили світла і розрахувати за експериментальними даними повний світловий потік СП, його ККД і коефіцієнт підсилення. Вибір методики обчислення світлового потоку СП здійснюється з урахуванням кількості осей симетрії СП.

Світлотехнічні параметри можуть бути визначені і за допомогою фотометричної кулі. Для світильників вуличного і промислового освітлення її діаметр досягає 3 м.

Крім світлотехнічних випробувань СП здійснюють також інші випробування: електротехнічні (перевірка роботи електричної схеми, визначення опору та електричної міцності ізоляції, коефіцієнта потужності тощо), теплові (вимір термopарами температури елементів СП у робочому інтервалі температур), механічні (перевірка міцності і надійності вузлів кріплення елементів СП на вібростендах) і кліматичні (перевірка СП у спеціальних камерах, які імітують агресивне середовище).

Упаковочні операції

Упаковка СП здійснюється відповідно до технічних вимог і спрямована на вирішення низки виробничо-організаційних питань: зберігання готової продукції на складах (з урахуванням особливостей стану приміщень, відведених згідно до виробничого процесу для цього), транспортування (з урахуванням засобів транспортування до замовника) і реалізації (вибір упаковки має бути зроблено не тільки з урахуванням функціональних, але і естетичних вимог до продукції).

Контрольні запитання

1. Контроль якості механічної обробки покриттів.
2. Контроль складання світильників.
3. Контроль світлотехнічних характеристик.
4. Принцип дії абсорографа.
5. Види випробувань СП. Класифікація обладнання.
6. Світлотехнічні і інші випробування СП.
7. Основні вимоги до упаковки світлотехнічної продукції.

ЛЕКЦІЯ 19

Електролампове скло: вимоги і типові дефекти

Для виготовлення електричних ламп застосовують штучне і вагове скло. До штучного відносяться колби, до вагового— суцільні і порожнисті драти. Суцільні драти діаметром 3—4 мм застосовують для виготовлення штабиків; порожнисті зовнішнім діаметром 2,8—4,4 мм і товщиною стінок 0,5—0,8 мм — для виготовлення штенгелей (відкачних трубок); діаметром 7—8 мм і товщиною стінок 0,6—0,8 мм, а також діаметром 10—15 мм і товщиною стінок 0,7—1 мм — для виготовлення тарілок; діаметром 7—8 мм і товщиною стінок 0,8—1 мм, а також діаметром 14—15 мм і товщиною стінок 0,8—1 мм — для виготовлення мініатюрних колб.

До електролампового скла висувують ряд технічних вимог, при недотриманні яких підвищується брак або знижується якість ламп.

1. Скло має бути безбарвним і прозорим. По можливості весь світловий потік, що випромінюється тілом розжарювання, має проходити крізь стінки колби. Проте приготувати абсолютно світлопрозоре скло практично неможливо, тому допускають виготовлення колб з незначними відтінками. Іноді застосовують колби з опалового, матового або кольорового скла. У цих випадках йдуть на зменшення пропускання світла колбою, але виграють на інших властивостях лампи.

2. Скло має бути міцним. Воно має відзначатись деякою пружністю і не тріскатися при невеликих струсах і ударах. Зазвичай колби ламп зазнають механічного впливу при транспортуванні і обробці на технологічних операціях. Крім того, на кожний квадратний сантиметр зовнішньої поверхні вакуумних ламп (ЛР) постійно діє сила близько 1 кг (атмосферний тиск), не врівноважувана тиском на внутрішню поверхню. Колби мають витримувати всі ці дії без пошкодження. Проте електроламповому склу, як і всякому іншому склу, властива певна крихкість, і уникнути її у повній мірі неможливо; тому на всіх операціях виготовлення у транспортування колб і ламп навіть при дотриманні заходів безпеки виходить певний відсоток бою.

3. Скло має бути термічно стійким. Термічною стійкістю називають властивість скла витримувати без руйнування різкі зміни температури. Термічно нестійке скло при зіткненні з нагрітими металевими деталями машин або при введенні в полум'я пальників тріскається. Висока термічна стійкість скла особливо потрібна для ламп високої потужності, схильних при експлуатації до різких змін температури.

4. Скло має бути хімічно стійким. Хімічною стійкістю називають здатність скла переносити без потьм'яніння дію атмосферних і кліматичних впливів, вологи, кислот і лугів. Скло не має псуватися у вологому повітрі. Зберігання скла на складах не має викликати зменшення його прозорості.

5. Скло повинне мати сталий хімічний склад. Суміш матеріалів, з якої виготовляють скло, має заготовлятися по строго заданому рецепту. Хімічний аналіз готового скла повинен давати постійні результати. При одночасній обробці стекол різних хімічних складів вогні на машинах, відрегульовані стосовно скла одного складу, неправильно обробляють скло іншого складу.

6. Скло має бути легкоплавким, тобто бути здатним до розм'якшування при порівняно низькій температурі (біля 550°C). Легкоплавкі стекла швидко варяться і обробляються. Крім того, легкоплавкі стекла вимагають для обробки слабкіші вогні і, отже, менших енергетичних витрат, ніж тугоплавкі. Проте скло не повинне бути дуже легкоплавким, щоб не було деформації колб при відкачуванні ламп. Бажано, щоб скло для ніжок розм'якшувалося при нижчій температурі, ніж скло для колб, тому що ніжки при збірці ламп нагріваються через стінки колби і шар повітря між колбою і ніжкою. Однакова температура розм'якшення ніжки і колби утрудняє їх зварювання. Для виготовлення деяких спеціальних ламп (потужних прожекторних, кінопроекційних тощо), що визначаються високою робочою температурою колби і ніжки, щоб уникнути розм'якшення і спучення скляних деталей застосовують більш тугоплавке скло, що розм'якшується при температурі біля 580°C .

7. Скло має мати при робочій температурі лампи мінімальну електропровідність. Недотримання цієї вимоги призводить до витоку струму через скло або короткого замикання в лампі. Добрі електроізолюючі властивості скла дозволяють підводити до лампи відносно високу напругу.

8. Скло має мати коефіцієнт теплового розширення в строго встановлених межах. Для міцного зварювання одних скляних деталей з іншими, а також для герметичної спаювання скляних деталей з металевими необхідно, щоб вони мали достатньо близькі коефіцієнти розширення, інакше скло при охолодженні і нагріванні розтріскується, або в місцях зварювання порушується герметичність.

9. Вироби з скла мають бути однаковими за формою і мати постійні геометрические- розміри. Ці розміри вказуються в таблицях і кресленнях, що додаються до технічних вимог на вироби. До розмірів дров висувають особливо жорсткі вимоги: вони мають бути прямолінійними; їх поперечний переріз має бути круглим; товщина стінок має бути однорідною; довжина має бути не менше 0,75—1 м. У довгих дров зменшуються втрати скла і підвищується продуктивність верстатів при поточному виготовленні продукції.

Будь-які автомати, призначені для обробки скла, мають точно встановлені розміри своїх робочих і контрольних вузлів і настроюються на незмінний вогняний режим, тому обробка скляних напівфабрикатів, розміри яких відхиляються від нормальних, викликає брак. Проте скляні вироби не можна виготовляти з такою ж точністю, як, наприклад, металеві, унаслідок чого на кожен заданий номінальний розмір встановлюють найбільші допустимі відхилення (допуски).

Строге дотримання допусків має важливе значення як для підприємств, що одержують скло від декількох постачальників, так і для підприємств, що поставляють скло для декількох споживачів.

Скло одержують сумісним сплавом ряду сипких матеріалів. Однорідну суміш цих матеріалів, підготовлену до завантаження в скловарну піч, називають **скляною шихтою**. Кожному складу шихти відповідає скло певних властивостей. У довідковій літературі наведено низку рецептів шихти для варіння електролампового скла.

Основною складовою частиною шихти за цими рецептами є кварцевий пісок (кремнезем). Для вироблення електролампового скла застосовують пісок з домішками глинозему не більше 2% і оксидів заліза не більше 0,2%. Пісок, що не відповідає цим умовам, відмивають від глинозему водою і очищають від оксидів заліза магнітним сепаратором. При плавлінні пісок перетворюється на в'язку склоподібну масу (кварцеве скло). Таке скло тугоплавке і дуже дороге. Його для виготовлення ламп розжарювання не застосовують.

Другою складовою частиною шихти є кальцинована (зневожена) сода. Цим лугом в скло вводять окисел натрію, що робить скло легкоплавким. Скло, приготовлене з піску і соди, визначається низькою хімічною стійкістю і здатністю розчинятися у воді. Соду іноді частково замінюють іншим лугом, наприклад поташем або калієвою селітрою. Цими солями в скло вводять окисел калія, який, як і окисел натрію, робить його легкоплавким. Крім того, окисел калія додає склу чистіший відтінок і при введенні в невеликій кількості робить скло хімічно стійкішим, ніж при введенні одного окислу натрію.

До найбільш поширених видів дефектів скла відносяться **каміння, свіль і бульбашки**.

Камінням називають зерна скла, що погано проварилося, або крупинки сторонніх кристалічних включень, що потрапили в скломасу, створюючи на виробі здуття, відчутні рукою.

Свілем називають більш-менш різкі склоподібні прозорі нитки, що хаотично розподілені по об'єму виробу.

Бульбашками називають газові включення, не видалені з скломаси під час варіння.

Всі три дефекти виходять головним чином в результаті недотримання встановленої технології приготування шихти і варіння скломаси, а також застосування недоброякісного матеріалу при кладці печі.

Шамотне каміння виникає через потрапляння у скломасу крупних зерен шамота, що є основою для внутрішнього шару високотемпературної печі. Сприятливими умовами для роз'їдання шамота скломасою є надмірно висока

температура в печі, коливання рівня скломаси в басейні печі і великий вміст лугів або свинцевого сурику в шихті. Крупне шамотне каміння дає тріщину у виробі відразу після його видування. Для унеможливлення виникнення шамотного каміння у товщі виробу треба застосуванням шамотні бруски високої якості і знижувати температуру варіння скломаси.

Шихтне каміння з'являється через окремі зерна піску, доломіту та інших тугоплавких компонентів шихти, що не розплавилися і не перейшли в скло. Таке каміння може утворитися при поганому подрібненні і просіюванні матеріалів шихти, наприклад, коли сита для просіювання недостатньо дрібні або зіпсовані. Шихтне каміння також з'являється, якщо шихта погано перемішана. Шихтне каміння часто з'являється при низькій температурі в печі і великому об'ємі стекла; за цих умов скломаса, не встигаючи достатньо проваритися, надто швидко переміщається з варильного відділення до апаратів виготовлення виробів. На відміну від шамотного каміння шихтне каміння зазвичай не викликає розтріскування скла. Каміння шихт-ного походження не виникає при підвищенні температури варіння скломаси, зменшення об'єму скла, ретельному контролі за дотриманням технології приготування шихти і за завантаженням її в піч.

Каміння може бути **непрозорим** або **прозорим**.

Непрозоре з'являється тоді, коли воно потрапляє у виріб після короткочасного перебування в скломасі і не встигає в ній розчинитися.

Прозоре з'являється тоді, коли воно потрапляє у виріб після тривалого перебування в скломасі і встигає частково в ній розчинитися. Абсолютно прозоре шихтне каміння називають **шліром**.

Свіль має інший хімічний склад, ніж основна маса скла. У готових виробах свіль різко виділяється різницею в заломленні світла і спотворює форму предметів, на які дивляться через скло. Свіль може при видуванні розтягнутися у вигляді прожилків по всьому виробу. Вона часто бере свій початок від прозорого шамотного каміння і відходить від нього у вигляді коротких або довгих вусів. Свіль виникає при низькій температурі в кінці стадії освітлення. Вона може також виникати при неточному зваженні матеріалів шихти і застосуванні «чужого» бою при варінні скла. Крім того, свіль, як і каміння, виникає в результаті розшаровування або поганого перемішування шихти, недостатнього проварювання скломаси в печі, поганої якості шамоту і дії на нього лужного пилу. Луги, з'єднуючись у варильній частині з глиноземом, що входить до складу шамота, і кремнеземом, утворюють склоподібні сполучення, що нерівномірно розчиняються в скломасі. У випадках зниження рівня скломаси з ділянок стін варильного басейну, що оголяються, стікають шари скломаси, які відрізняються за складом від загальної маси скла, внаслідок чого утворюється свилі.

Бульбашки з'являються, головним чином, при поганому проварюванні шихти. У скломасу потрапляє захоплене між зернами шихти повітря і адсорбовані шихтою пари води. Крім того, в скломасі в результаті хімічних реакцій утворюються вуглекислий, сірчистий і інші гази. Ці пари і гази виходять як бульбашки на поверхню і пересуваються з продуктами горіння в димар. Бульбашки тим легше виходять, чим вони більше і чим менше в'язкість

скломасі. При недостатньо високій температурі, гази залишаються в скломасі і потрапляють у набір у вигляді круглих або овальних включень. При витягуванні дротів бульбашки перетворюється на капілярний канал.

Каміння, свіль і бульбашки порушують однорідність, прозорість і міцність скла і псують зовнішній вигляд виробів. Проте не всі вироби з такими дефектами слід бракувати. Наприклад, великі колби з невеликим числом маленьких бульбашок не слід відносити до браку. Не слід також бракувати колби з м'яким, нерізно вираженим свилем або колби з каменінням, свилем і бульбашками, що розташовані в нижній частині горла колби, тобто в тій її частині, яка має відрізатися при заварюванні ламп. Колби з камінням, навіть найменшим, що розташоване вище за зону заварювання, слід бракувати.

Контрольні запитання:

1. Вимоги до електролампового скла.
2. Види дефектів скла.
3. Запобігання виникненню дефектів у склі.

ЛЕКЦІЯ 20

Електролампове скло: внутрішні напруження і відпал

Тепло, що передається скляному виробу, розповсюджується по всій масі виробу не відразу, а з деякою швидкістю. Тому різні ділянки виробу неоднаково розширюються від нагрівання і стискаються від охолодження. Наприклад, ділянки скла, що ближче до полум'я, розширюються швидше і сильніше за ділянки, віддалені від полум'я; суцільні вироби при охолодженні стискаються на поверхні сильніше, ніж в об'ємі; порожнисті вироби при охолодженні стискаються на зовнішній поверхні швидше, ніж на внутрішній. Нерівномірне розширення при нагріванні або стиснення при охолодженні, що викликається температурним перепадом між різними шарами скла, примушує частинки скла чинити тиск одна на одну. Це тиск, вимірюваний силами взаємодії між частинками, віднесеними до одиниці площі перерізу, називають внутрішнім напруженням, що є невидимим, прихованим дефектом скла.

Внутрішнє напруження може мати тимчасовий і постійний характер. Напруження, що зникає після вирівнювання температури в різних шарах скла, називають **тимчасовими**. Таке напруження виникає при швидкому охолодженні або нагріванні скла в межах температур нижче за точку розм'якшення, тобто коли скло залишається твердим. Скло, в якому виникає велика тимчасова напруга, відзначається малою термічною стійкістю.

Напруження, що зберігається після вирівнювання температури в різних шарах скла, називається **постійним** або **залишковим**. Воно виникає при швидкому охолодженні скла в інтервалі температур, що починається вище за точку розм'якшення скла, тобто коли частинки скла стають рухомими.

Внутрішні шари скла, знаходячись в пластичному стані, стискаються, причому їх густина збільшується в порівнянні з густиною зовнішніх шарів. Це нерівномірний розподіл густини зберігається і після охолодження скла, що є причиною утворення залишкового напруження, здатної призвести до розтріскування скла без видимих причин. Скло погано проводить тепло. Скляний штабик, нагрітий з одного кінця до розм'якшення, може залишатися з іншого кінця холодним. Ця властивість скла також створює сприятливі умови для виникнення внутрішнього напруження. Із збільшенням різниці температур рівень внутрішніх напружень зростає. Стиснення при охолодженні відбувається тим сильніше, чим вище коефіцієнт розширення скла, тому в стеклах з високим коефіцієнтом розширення виникає значніше внутрішнє напруження, ніж в стеклах з низьким коефіцієнтом розширення. При охолодженні спаїв скла з металом створюється внутрішнє напруження в склі і металі. Величина напруження залежить від різниці коефіцієнтів розширення скла і металу. Велика різниця може привести до розтріскування скла.

Напруження зростає із збільшенням товщини виробів. На поверхні розігрітого до розм'якшення і потім швидко охолодженого товстостінного виробу утворюється твердий скляний прошарок, що перешкоджає стисненню внутрішніх шарів скла. Ці шари залишаються в розтягнутому стані. На відміну від товстостінних, тонкостінні вироби можуть бути нагріті й охолоджені без утворення напруження. У виробах з нерівномірною товщиною стінок і виробах з різкими переходами товстих стінок в тонкі легше виникає внутрішнє напруження. Напруження може виникати від попадання на розігріте скло випадкових бризок води і зіткнення розігрітого скла з холодними металевими предметами. Напруження також виникає в результаті незадовільного регулювання вогнів газових пальників або засмічення отворів пальників твердими частинками, що скривлюють траєкторію подачі вогнів.

Розтріскування скляних виробів може відбуватися через невизначений час після виникнення напруження. Буває достатньо незначного місцевого збільшення напруження під впливом слабого нагріву або легкого удару, щоб у склі без видимої причини утворилася тріщина. Ця особливість скла є причиною високого браку скляних у виробництві ламп. При виробництві елементів СП із скла відсоток браку за статистикою суттєво нижчий.

На сторінках даного конспекту вже вказувалось на необхідність відпалу скловиробів при виробництві СП для зменшення рівня внутрішніх напружень. У контексті виготовлення скловиробів у рамках електролампового виробництва ця проблема відчутно загострюється і, відтак, потребує на більш детальний розгляд.

У розм'якшеному склі напруження існувати не можуть, оскільки його частинки знаходяться в легкорухомому стані. Якщо нагрівати скляний виріб до температури розм'якшення або до температури, близької до температури розм'якшення, то напруга в склі обов'язково зникне. Проте як тільки скло почне швидко охолоджуватись, у ньому знову виникне залишкове напруження. Кожне нагрівання скла до температури розм'якшення призводить до усунення старого напруження, а кожне прискорене охолодження — до утворення нових напружень.

При обробці скла вогнями потрібно намагатись попереджати виникнення напруження. Для цього існують два способи. За першим способом пальники на машинах розташовують так і вогні встановлюють такі, щоб скло поступово нагрівалося, доводилося до розм'якшення, набувало необхідного рівню деформації і потім поволі охолоджувалося. При такому способі всі ділянки скла розширюються від нагрівання і стискаються від охолодження без утворення значного напруження. Другий спосіб полягає в тому, що в тих випадках, коли скло потребує наявності двох послідовних операцій обробки, пов'язаних з нагрівом, другу операцію проводять безпосередньо після першої, поки скло не встигло охолонути. При поєднанні операцій нагріву зменшується напруження, що виникає під час охолодження скла на першій операції і нагріву на другій.

Часто профілактичні заходи зменшення внутрішньої напруги виявляються недостатніми, наприклад бувають випадки, коли технологічний процес обробки деталей не дозволяє поволі охолоджувати скло або коли недоцільно завантажувати устаткування повільним охолодженням скла. У таких випадках напруження знімають відпалом нагрівом скла в спеціальних печах до температури, близької до точки розм'якшення з подальшим повільним охолодженням. Частинки скла в розігрітому стані набувають деякої рухливості і при повільному і поступовому охолодженні рівномірно стискаються, не чинячи один на одного тиску. Такий спосіб попередження або зняття напруження або зменшення його до безпечного для міцності скла ступеня називають **відпалом**.

Найнижкшу температуру скла, при якій напруга починає зникати, називають **нижньою температурою відпалу**, а найніжкшу температуру, при якій напруження майже повністю зникає, називають **верхньою температурою відпалу**.

Стан скла при **нижній** температурі відпалу характеризується тим, що воно ще тверде, і його молекулярні частинки ще не придбали достатньої рухливості. Стан скла при **верхній** температурі відпалу характеризується тим, що воно ще не змінює своєї форми, але його молекулярні частинки достатньо рухомі, їх швидкість однакова у всьому об'ємі і вони можуть переміщуватись в склі без напруження. Нижню температуру відпалу можна охарактеризувати як температуру, при якій зникають перші 5% напруження, а верхню — як температуру, при якій зникає 95% напруги. Область температури між нижньою і верхньою температурами відпалу називають **зоною відпалу**.

Щоб правильно відпалити скляний виріб, потрібно швидко його нагрівати до верхньої температури відпалу, якийсь час витримати при цій температурі, поки напруження не зникне, і потім, щоб при подальшому охолодженні не виникло нового залишкового внутрішнього напруження, поволі остудити його до нижньої температури відпалу. Подальше охолодження можна вести швидко, оскільки залишкова напруження тут вже виникнути не може. Для відпалу виробів з електролампового скла можуть використовуватись муфельні печі, схема одної з яких вже розглянута на сторінках даного конспекту лекцій.

Контрольні запитання:

1. Природа виникнення внутрішніх напружень у склі.
2. Запобігання виникненню внутрішніх напружень і відпал скла.

ЛЕКЦІЯ 21

Електролампове скло: виготовлення і контроль скляних дротів і деталей ламп з них

Виробництво дротів є повністю автоматизованим процесом і полягає у такому. Зварена скломаса з ванної печі поступає у довгий робочий канал, розділений вогнетривкими перегородками на підігрівальні і підмашинні камери. У підігрівальних камерах скломасу підтримують при температурі близько 1250 °С, а з підмашинних камер пластичну скломасу набирають тянульними апаратами. На поверхні розплавленої скломаси в підмашинних камерах плавають занурені на деяку глибину шамотні човники з двома або трьома круглими отворами, що дозволяють витягати одночасно по два або три дрота. В'язка скломаса видавлюється через отвори і тягнеться вгору у вигляді нескінченних дров. При витягуванні порожнистих дров в отвори човника вставляють ковпачки з внутрішнім каналом, через який вдувають стисле повітря. У міру видалення від човника дріт, що тягнеться, поступово охолоджується, твердіє і на висоті декількох метрів від човника захоплюється затисками вертикального конвеєра. Зверху конвеєр обладнаний пристроєм, що надрізає і відламує охолоджений дріт на відрізки потрібної сталої довжини. Відрізаний дріт звільняється від затисків і потрапляє транспортера. Після установки нового човника або обриву дрота скло спочатку спрямовують догори «приманкою». Піднімаючись на достатню висоту, приманка захоплюється конвеєрним затиском. Діаметр і товщину стінок дрота регулюють швидкістю руху конвеєра, глибиною посадки човника в скломасі, тиском вдуваного повітря і розмірами робочих отворів в човнику і ковпачку. Для плавного регулювання швидкості витягування механізм тяги приводиться в дію електродвигуном постійного струму.

Електролампові заводи, що не мають власного виробництва вагового скла, піддають отримані дроти розпаковуванню, калібруванню, бракуванню і різанню.

Розпаковані дроти калібрують пружинним стінкоміром по товщині стінок (рис. 46). У одній партії скла товщина стінок не повинна відрізнятися більш ніж на 0,1 мм. Допускається різна товщина в будь-якому поперечному перетині трубок якщо вона не перевищує меж допусків на товщину стінок.

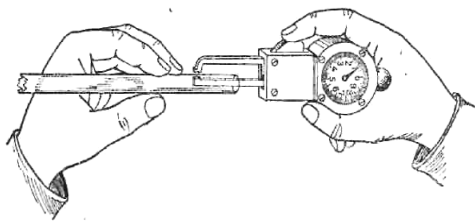


Рис. 46 - Пружинний стінкомір

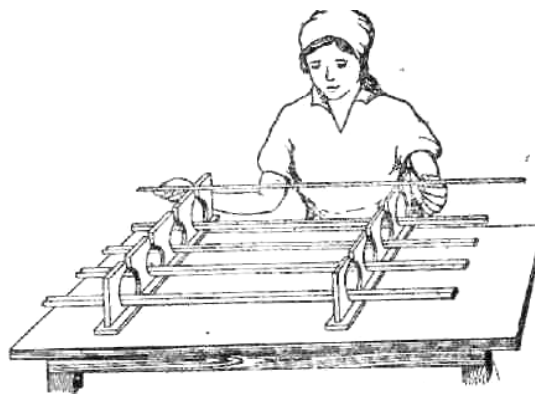


Рис. 47 - Калібрувальний верстат

Калібрування скла за діаметром проводять на двоточковому калібрувальному верстаті (рис 47). Дроти переміщають на верстаті так, щоб вони без зусиль пройшли в найближчу пару калібрувальних щілин в одному горизонтальному ряду. У випадку, якщо дрот не пройде в перший ряд щілин, його пересувають в наступний ряд. Якщо і в наступний ряд він не пройде, його пересувають в третій ряд і так далі, поки він не пройде в найближчу пару щілин. Кожна пара відрізняється від попередньої на 0,20 мм для дротів діаметром до 5 мм і та 0,25 мм для дротів діаметром більше 5 мм. Ширину щілин встановлюють по сталевих пластинчастих калібрах.

Одночасно з калібруванням скла по діаметру відкидають конусні, овальні і криві дроти. Конусним вважається дрот, що має відхилення в зовнішньому діаметрі по довжині більше межі допусків для даного номінального діаметру. Овальним вважається дрот, що має відхилення в зовнішньому діаметрі по колу більше межі допусків для даного номінального діаметру. Кривим вважається дрот, що має стрілу прогину більше 0,5%.

Розкаліброване скло для штабиків і штенгелей розрізають на потрібні відрізки на склорізальному верстаті. Цей верстат являє собою робочий стіл у прорізу якого рухається дисковий, загартований і заточений на конус ніж надітий на сталевий вал. Лезо ножа, обертаючись в прорізі у напрямку до робітниці, виступає над поверхнею столу на 8—10 мм. Швидкість обертання вал з ножем регулюється приводом від електродвигуна і становить зазвичай 4 000—6 000 об/хв., відповідає коловій швидкості ріжучої кромки 40—60 м/сек.

Робітник кладе на стіл декілька скляних дротов і, обертаючи їх убік, протилежний обертанню ножа, легко прокатує їх по ріжучій кромці. Лезо вірізається в скло і викреслює в ньому тонкі глибокі подряпини. Від сильного тертя об ніж у склі виникає напруга, що перевищує межу міцності скла і викликає необхідне руйнування його уздовж подряпини. Дроти малого діаметру і з м'якого скла дають тріщину відразу після дотику до ножа, а дроти великого діаметру і з твердого скла дають тріщину лише після руйнування поверхневого шару по всьому колу. Якщо подряпина утворилася недостатньо глибокою або з пологими стінками, обріз скла виходить нерівним. При сильному або слабкому притисненні скла до леза ножа тріщина розповсюджується в довільному напрямі. Верстат забезпечують регульованим упором, і якому скло притискують торцями і який дозволяє різати його з дотриманням точної довжини виробу.

При різанні деяка кількість коротких обрізків, що виходять на початку і кінці кожного дрота, відходить в бій. Чим довші дроти і чим короткішим має бути нарізане скло, тим менше виходить обрізків. Скляний пил, що утворюється при різанні, засмоктують вентилятором в особливі шафи-фільтри. Нарізані штабики і штенгели повинні відповідати таким умовам: площини їх зрізів повинні бути рівними, гладкими, без задирок, тріщин і окалин; відхилення в довжині не повинні перевищувати у штабиків 0,5 мм і штенгелей 1 мм; у одній тарі повинне зберігатися скло тільки одного розміру. Для отримання рівної площини зрізу потрібно стежити за тим, щоб верстат під час

роботи не тремтів. Ніж перед установкою на верстат повинен бути такий заточений шліфувальним кругом, щоб надріз скла виходив тонким, а стінки надрізу крутими, майже перпендикулярними до осі дроту. Періодично ніж загострюють карборундовим брусом. Ножі, виготовлені з нетвердої або погано загартованої сталі, сильно нагріваються від тертя, швидко стають тупими, нерівно ріжуть скло і залишають у склі окалину. Ножі з червоностійкої сталі не цих недоліків не мають. Для безпечної роботи на підвищеній швидкості вимагається, щоб верстат був забезпечений масивним корпусом а його станина була надійно закріплена на підлозі. Штенгелі і штабики після різання калібрують другий раз по діаметру на спеціальному калібрувальному автоматі. На цьому автоматі штенгелі і штабики автоматично переміщаються із завантажувального бункера в конусні калібрувальні щілини двох пар обертальних дисків і розміщуються в щілинах тим глибше, чим менше їх діаметр. Особливі виштовхувачі, прикріплені на дисках, подають дроти у відповідний певному їх розміру приймальний лоток.

Одночасно з калібруванням штенгелей проводять оплавлення їх кінців вогнями газових пальників. При оплавленні гострі кромки закруглюються і стають гладкими. При дуже сильних вогнях штенгели заплавляються, а при дуже слабких — на штенгелях залишаються гострі ребра зрізів, які згодом можуть пошкодити гумовий клапан відкачної машини.

Пустотілі дроти достатньо великого діаметру є вихідним матеріалом для виготовлення тарілок. Операція розгортки тарілок із дроту полягає в нагріванні кінця скляної трубки до розм'якшення і доданні розм'якшеному кінцю форми воронки. Одні автомати виготовляють тарілки із заздалегідь нарізаних коротких трубок, інші з довгих трубок з подальшим обрізанням. Автомати другого типу є основними і називаються **автоматами вертикальної розгортки**.

На станині автомата вертикальної розгортки горизонтальна карусель повертається з періодичними зупинками. Вона забезпечена затискними патронами. Довгу трубку завантажують в отвір патрона 1-ї позиції. При завантаженні вона вільно проходить в патрон і своїм нижнім кінцем упирається в нерухомий круглий стандарт. Підйомом і опусканням стандарту регулюють довжину тарілки. Кожний патрон забезпечений направляючою втулкою, що не дозволяє трубкам зміщуватися по осі і трьома фіксаторами, що тримають трубку, поки вона проходить робочі позиції автомата. На 2-й позиції м'які вогні двох пальників підігрівують ділянку трубки, що підлягає обрізанню. Підігрів унеможливорює розтріскування скла на наступній позиції. На 3-й і 4-й позиціях вогні декількох пальників нагрівають ту ж ділянку до розм'якшення, підготовлюючи його до обрізання. На 5-й позиції система двох сталевих дискових ножів, що обертаються в різні боки, проводить обрізання кінця, якщо трубка проходить перший цикл, або готової тарілки, якщо трубка проходить другий і подальший цикли. Відрізаний кінець падає на стіл автомата, а відрізана тарілка зісковзує по спуску в піч оплавлення і відпалу. На 6-й позиції вільний кінець трубки вводиться в проміжок між сильними гострими вогнями 12—18 пальників. Ділянка трубки завдовжки 10—25 мм доводиться до розм'якшення

без порушення циліндричної форми. На 7-й позиції в розм'якшений кінець трубки ввидиться чавунна шпилька, що обертається, і розгортає його на конус.

Контрольні запитання:

1. Виготовлення скляних дротів з розплаву.
2. Контроль і калібрування дротів.
3. Особливості різання дротів.
4. Виготовлення тарілок на автоматі карусельного типу.

ЛЕКЦІЯ 22

Електролампове скло: внутрішнє покриття колб

Для надання колбам ламп ефекту розсіювання світла застосовують **внутрішнє покриття їх шаром двоокису кремнію** дуже тонкої структури. Через таке покриття тіло розжарювання лампи просвічується як розмита світлова пляма. Того ж ефекту можна досягти матуванням колб у травнику на основі плавикової кислоти, як це і робилося для матування елементів СП, описаного детально раніше на сторінках даного конспекту лекцій, але вказаний спосіб вважається безпечнішим і, крім того, таким, що не знижує механічну міцність колб.

Початковим матеріалом для нанесення на колбу SiO_2 є кремнійорганічна речовина - етиловий ефір ортакремнієвої кислоти - прозора рідина, що одержується взаємодією чотирьохлористого кремнію і етилового спирту. При спалюванні парів ефіру утворюється щільний білий дим, що містить частинки SiO_2 розміром приблизно 0,03—0,3 мк. Випаровування і спалювання ефіру, а також введення в колбу диму SiO_2 проводять спеціальним пальником, зображеним на рис. 48. Ефір з посудини 1 подають через гумовий шланг до каналу 2, в якому він нагрівається електричним спіральним підігрівачем до кипіння (167°C). Канал 2 знаходиться у ковпаку 3 з отвором для виходу полум'я, насиченого парами SiO_2 . На ковпак монтується кільце, через яке по отворах можна подавати кисень. Вихід стиснутого кисню збігається з отвором в трубці. У простір між трубою і ковпаком подають з бічного патрубка стисле повітря, яке після виходу з отвору змішується з парами ефіру. Після виходу з 2 суміш парів ефіру і повітря змішується з киснем і поіпалюється. Дозуванням повітря полум'я пальника регулюють таким чином, щоб воно видривалось від отвору пальника на відстань 4—6 мм, завдяки чому засмічення пальника частинками SiO_2 зменшується. Вводять полум'я пальника до колби, що обертається навколо своєї осі, і здійснюють рівномірне осадження прошарку SiO_2 .

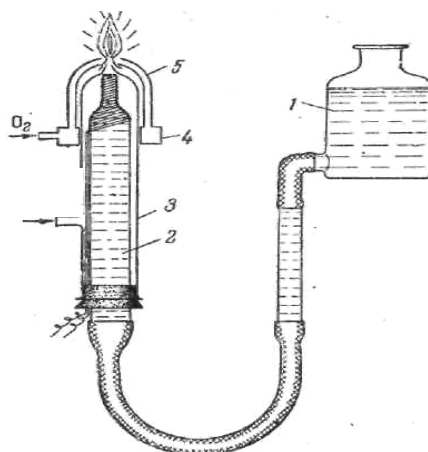


Рис. 48 – Установка з нанесення на колбу покриття SiO_2

Осадження ведуть до тих пір, поки через шар нанесеного покриття спіраль включеної лампи потужністю 25 Вт буде ледь помітною.

Шар SiO_2 є нестійким і легко стирається рукою і обсипається при постукуванні. Його закріплюють вдунням перегрітої водяної пари до колби доки вона не набуватиме світло-сірого кольору. Після вдунання пари колби негайно переносять висушують горячим повітрям до повного відновлення білого кольору. Така обробка перетворює шар розрізнених частинок SiO_2 на міцну плівку колоїдного кремнезему, що поглинає світловий потік лампи не більше ніж на 2%.

Плівка кремнезему не розчиняється в розплавленому склі і при заварці колби з ніжкою перешкоджає утворенню вакуумно-щільного з'єднання. Тому горловину колб очищають від покриття, насадженою на обертальний шпіндель спеціального пристрою. Вказані операції успішно здійснюються на погатопозиційних автоматах карусельного типу. Продуктивність автомату сягає кількох тисяч колб, матованих SiO_2 за годину.

Внутрішня алюмінізація колб. Застосовується для виготовлення колб з дзеркальним відбиттям світлового потоку. Методом внутрішньої алюмінізації колб є добре відомий метод катодного розпилення алюмінію у вакуумі.

Колби перед алюмінізацією ретельно промивають розбавленою соляною кислотою, дистильованою водою і спиртом і сушать у сушильній шафі. Далі одну або декілька колб (залежно від розмірів) поміщають під скляний ковпак, ущільнений гумовою прокладкою. Всередину кожної колби вводять на струмопровідних стрижнях вольфрамову спіраль з щільно обтиснутим на її середині очищеним «гусариком» з фольги чушкового алюмінію. З ковпака відкачують повітря вакуумним насосом. Після досягнення необхідного розрідження включають вольфрамову спіраль і декілька секунд нагрівають її струмом до яскраво-білого кольору (2500°C). Алюмінієвий гусарик плавиться і під дією поверхневого натягу збирається у крапельку, що потім розтікається по витках спіралі і випаровується у вакуумі. Парі алюмінію конденсуються на холодних стінках колби рівномірним тонким шаром. Коли крізь цей шар розжарена спіраль стає ледве помітною, розпилювання припиняють,

вимикаючи струм. Ковпак заповнюють повітрям до атмосферного тиску і піднімають. Надлишок алюмінієвого шару на ділянках, де колби повинні залишатися прозорими (у шийці і «світловому віконці»), очищують 3%-м лужним розчином. Готові колби миють водою, спиртом і сушать у центрифугі або сушильній шафі. Крупні колби при нанесенні алюмінієвого дзеркала герметизують і відкачують без застосування скляного ковпака. Світлове віконце в них створюють екрануванням в процесі розпилювання алюмінію.

Розрідження, потрібне для нормального протікання процесу алюмінізації, має бути таке, щоб середня довжина вільного пробігу молекул була більше діаметру колб. При такому розрідженні молекули алюмінію досягають стінок колби без зіткнення одна з одною і осідають на поверхні скла рівномірним шаром, що має гладкість, не гіршу ніж у скла.

Стійкий і міцний алюмінієвий шар має необхідну зчеплюваність (адгезію) зі склом лише у випадку, коли підготовчі щодо алюмінізації операції ретельно виконані, а саме - алюмінієві гусарики і колба добре очищені, висушені і зневажені.

Контрольні запитання:

1. Сутність нанесення на колбу покриття SiO_2 .
2. Особливості процесу нанесення на колбу покриття SiO_2 .
3. Сутність внутрішньої алюмінізації колб.
4. Підготовка обладнання і матеріалів до алюмінізації.

ЛЕКЦІЯ 23

Вольфрамовий дріт: вимоги до тіла розжарювання

Тіло розжарювання є основною, найбільш відповідальною деталлю лампи розжарювання. Воно власне і виконує функції джерела світла, тоді як решта деталей мають лише допоміжне призначення і служать для забезпечення безперебійної роботи тіла розжарювання. Якість тіла розжарювання визначає технічні і експлуатаційні характеристики лампи.

Висувають такі технічні вимоги щодо матеріалу тіла розжарювання:

1. Матеріал тіла розжарювання має бути тугоплавким. Висока температура плавлення дозволяє підвищити робочу температуру тіла розжарювання і збільшити світлову віддачу лампи.

2. Матеріал тіла розжарювання має визначатись при високих температурах малою швидкістю випаровування. Уповільнення випаровування тіла розжарювання збільшує термін служби ламп.

3. Матеріал тіла розжарювання має мати у нагрітому стані спектр випромінювання, близький за кольором до денного світла.

4. Матеріал тіла розжарювання має добре проводити струм, причому його питомий опір при робочій температурі лампи має бути якомога вищим.

Високий питомий опір дозволяє застосовувати в лампах коротке тіло розжарювання, що полегшує процес виготовлення ламп високої потужності.

5. Матеріал тіла розжарювання має мати високі механічні властивості і структурну чистоту, що забезпечує незмінну форму нагрітого тіла при високій температурі (унеможливлення високотемпературної спонтанної деформації).

Вищевказаним вимогам краще всього відповідає **вольфрам**, тому лампи розжарювання виготовляють саме з вольфрамовим тілом розжарювання.

Більшість металів, наприклад, залізо, нікель, мідь, свинець, цинк, олово тощо отримують методом виплавки руди. При такому методі метал отримують в рідкому стані і відливають його у формах у тверді злитки. Проте висока температура плавлення вольфраму і здатність його легко окислюватися при нагріві на повітрі створюють певні технічні труднощі промислового отримання вольфраму у такий спосіб. Тому саме для вольфраму більш доцільним є метод **порошкової металургії**. Спочатку шляхом хімічної переробки вольфрамової руди одержують металічний порошок вольфраму. Потім цей порошок пресують в сталевих прес-формах під високим тиском в прямокутні бруски і відформовані бруски нагрівають електричним струмом до дуже високої температури, трохи меншої за температуру плавлення вольфраму. У результаті одержують вихідний матеріал, за якістю не гірший за той, що можна отримати в ливарний спосіб.

Контрольні запитання:

1. Вимоги до тіла розжарювання.
2. Чому тіло розжарювання недоцільно одержувати у ливарний спосіб?.
3. Шляхи підвищення світлотехнічних і експлуатаційних характеристик ЛР через оптимізацію тіла розжарювання.

ЛЕКЦІЯ 24

Вольфрамовий дріт: процес виготовлення на виробництві

Після формоутворення вольфрамові прутки для перетворення на дроти заданого діаметру спрямовують на операції волочіння. Обробка волочінням полягає в проходженні прутків через отвори волок, діаметр яких поступово зменшуються. Оскільки при волочінні об'єм дроту практично не змінюється, при кожному черговому просуванні прутка через волоку довжина його збільшується в стільки ж разів, у скільки зменшується площа його поперечного перерізу. На відміну від інших металів вольфрамовий дріт протягують з обов'язковим примусовим нагрівом, оскільки вольфрам в холодному стані визначається твердістю, крихкістю і нездатністю до пластичного деформування.

Волочильний отвір у оправі називають **волокою** або **фільсрою**. Волока має бути виготовлена з дуже твердого матеріалу, інакше її отвір швидко зношуватиметься і розширюватиметься. З усіх відомих у природі матеріалів найбільшу твердість має алмаз. За десятковою шкалою твердості Мооса він

найвище десяте місце. Тому для волочіння тонких вольфрамових дротів застосовують волокни з штучних алмазів, хоча їх вартість є високою.

Зважаючи на малі розміри алмазів не можна виготовляти з них волокни зі значними діаметрами отворів, тому для волочіння товстого дроту застосовують волокни з твердих сплавів ВК-6 або ВК-8 (ГОСТ 3882-53), що здатні зберігати свою твердість при високих температурах. Твердосплавні волокни швидше виходять з ладу у порівнянні з алмазними.

Волочильні машини розрізняють на **ланцюгові стани** (прямолінійний рух матеріалу) і **блочні стани** (намотуванням матеріалу на барабани, блоки, котушки тощо). Перші застосовують для волочіння прутків, другі для волочіння дроту. Для приготування тонкого вольфрамового дроту, наприклад діаметром 0,012 мм, вольфрамові прутки діаметром 2,75 мм протягують через 12-15 волок на верстатах грубого волочіння, 8-10 волок на верстатах середнього волочіння, і близько 50 волок на верстатах тонкого волочіння.

Грубе волочіння проводять на ланцюговому стані, що являє собою 25-метрову станину, по якій котиться возок з кліщами і гаком. На кінці станини послідовно встановлені коробка із змащувальним матеріалом, газова піч і твердосплавна волока. У отвір нагрітої волоки заправляють покритий мастилом нагрітий загострений передній кінець вольфрамового прутка. Кліщі захоплюють цей кінець і зачіпляються гаком за одну з ланок притягувального ланцюга, що тягне за собою візок і протягує пруток по прямій лінії через мастило, піч і волоку. Після закінчення волочіння візок відчіплюють від ланцюга і повертають в початкове положення для захоплення наступного прутка. Протягнувши всю партію прутків, міняють волоку на іншу з меншим діаметром отвору.

На блочних волочильних станах дріт змотують із спускної котушки і послідовно пропускають через ванну з мастилом, газову піч, нагріту волоку і намотують на ведучу котушку, що обертається приводом від електродвигуна. Між спрямовуючим роликом і волокою дріт підтримують в стані постійного натягу. При електричному нагріві дроту його оптимальною температурою вважається така, за якої колір нагрітого металу є вишнево-червоним. Під час волочіння одночасно з дротом нагрівають і волоку (до 500—600°C твердосплавну і до 450—500°C алмазну). Такий нагрів зменшує ефект охолодження дроту при проходженні через волочильний канал, оберігає дріт від обривів і збільшує стійкість волок. Дріт, що пройшов через волоку або систему волок обов'язково має бути наприкінці відпалений для зниження рівня внутрішніх напружень і збільшення його пластичності.

На всіх стадіях волочіння як мастило застосовується специфічний водний графітовий препарат (**аквадаг**). Таке мастило термостійке і не вигорає при температурах до 850°C. Проходячи посудину з аквадагом, дріт покривається суцільною тонкою плівкою мастила, що оберігає його від окислення при нагріві, зменшує зовнішнє тертя між ним і стінкою волоки і уповільнює знос каналу волоки. Вода в аквадазі при нагріві випаровується, а роль мастила виконують сухі довгі зерна графіту, що легко розщиплюються при терті на тонкі смуги і згладжують нерівності між дротом і волокой, полегшують ковзання

дроту вздовж каналу волоки і сприяють отриманню гладкої поверхні дроту. Аквадаг сталої концентрації заливають в бачок і звідти за допомогою циркуляційної системи підводять до кожного волочильного верстата.

На верстатах грубого і середнього волочіння передні кінці прутків і дротів перед заправкою у волоку загострюють короткочасним зануренням у розплавлену селітру. На верстатах тонкого волочіння передні кінці дроту загострюють зануренням у ванну з електролітом на основі 20%-го розчину їдкого натра.

Швидкість волочіння залежить від багатьох чинників. Чим тонше дріт, тим вище допускається швидкість волочіння. При діаметрі дроту менше 100 мк вона складає 50—100 м/хв.

Зменшення площі поперечного перерізу дроту після чергового волочіння, виражене у відсотках до площі поперечного перетину до волочіння, носить назву **коефіцієнта обтиснення дроту**.

При волочінні вольфрамового дроту набір волок підбирають з таким розрахунком, щоб коефіцієнт обтиснення складав 10—15% і більше. Із зменшенням діаметру дроту зменшують коефіцієнт обтиснення. У виробництві ламп застосовують вольфрамовий дріт різних діаметрів, тому волочіння ведуть до тих пір, поки дріт не придбає заданий діаметр. Діаметр дроту, отриманий після останнього волочіння, називають **вихідним**.

При волочінні бувають випадки обриву дроту. Обриви знижують продуктивність праці і зменшують пропускну спроможність волочильного устаткування. Відрізки малої довжини, що обірвалися, до подальшої обробки непридатні і складають втрати. Обриви залежать від різних чинників: якості дроту, режиму волочіння, стану волочильного устаткування і якості волок. Зокрема, обриви можуть бути викликані перегрівом або недогрівом дроту і волоки, зношеністю або неправильним профілем каналу волоки, викривленням дроту біля входу у канал волоки, великим обтисненням, поганою якістю аквадагу, високою швидкістю волочіння, перегрівом і окисненням дроту на попередніх операціях, розшаровуванням дроту тощо. Для зменшення числа обривів не допускають, щоб зусилля тяги 50% розривного зусилля при фіксованій температурі волочіння.

Найпоширенішим видом браку готового вольфрамового дроту є брак по діаметру. Відхилення в діаметрі дроту по всій довжині з'являються при розробці каналу волоки або помилково поставленою волокою на вихідному волочінні. Овальність дроту з'являється при неправильному виготовленні або нерівномірному зносі каналу волок і при незбіганні напрямку зусилля тяги з віссю каналу волоки.

До браку готового вольфрамового дроту відносять також дрони що в'ються і рвуться. Брак першого типу особливо часто з'являється при низькій температурі волочіння, неправильній установці волоки і слабкому натягу дроту перед волокою; брак другого типу з'являється при високій температурі волочіння, високій температурі проміжного відпалу і поганій якості мастила. Ці два типи дефектів дроту, що виникають при його волочінні, фактично, унеможливають майбутню спіралізацію дроту.

Діаметр вольфрамівих дротів більше 0,35 мм вимірюють мікрометром. Діаметр тонших проволікав зважаючи на трудність безпосереднього точного вимірювання визначають по вазі відрізків завдовжки 200 мм і питомій вазі вольфраму. Дріт намотують на циліндр діаметром 200 мм і відрізають від нього відповідний шматок, далі останній згортають в грудку і зважують на чутливих терезах. Залежність між вагою відрку і його середнім діаметром виражається рівнянням

$$\sigma = 200 \cdot \frac{\gamma \pi d^2}{4},$$

де σ - вага 200 мм дроту, γ - питома вага вольфраму, d - діаметр дроту.

При розрахунку ламп визначають необхідну номінальну вагу 200 мм вольфрамового дроту. Оскільки виготовити дріт строго по номінальній вазі неможливо, то на кожен номінальну вагу встановлюють певні допуски (від $\pm 1,5$ до $\pm 3\%$). Наприклад, на дріт діаметром 21,5 мк з номінальною вагою 1,4 мг, встановлені допуски від 1,36 до 1,44 мг. Для перевірки дроту на рівномірність діаметру зважують відрізок дроту завдовжки 200 мм на початку і кінці котушки. Різниця у вазі обох кінців не повинна перевищувати межі допусків по вазі. Точніше рівномірність діаметру перевіряють при перемотуванні дроту між світловою щілиною і фотоелементом; залежно від діаметру дроту змінюється і електричний сигнал на приймачі випромінювання.

Контрольні запитання:

1. Ланцюгові і блочні волоочильні стани.
2. Що таке аквадаг?
3. Що таке фільєра і для чого її нагрівають при волочінні?
4. Які дефекти можуть виникати при неправильному волочінні і як їх запобігти?
5. Способи вимірювання діаметру дротів і контролю їх рівномірності.

ЛЕКЦІЯ 25

Вольфрамовий дріт: процес виготовлення волочильних отворів

Канал волочильного отвору (рис.49) складається з п'яти ділянок, що послідовно тут описуються згори донизу: 1) **вхідної розпушки** (захист дроту від задирання о кромки волокни); 2) **змащувального конуса** (утримання зайвого мастила), 3) **робочої ділянки** (первинне стиснення дроту);

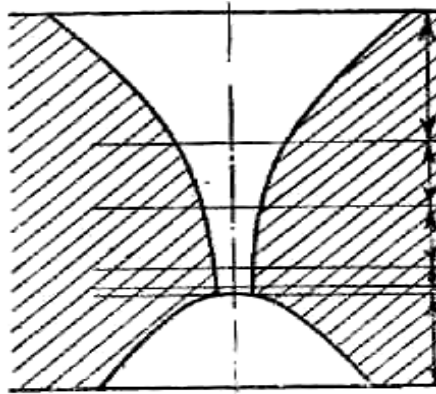


Рис. 49 – Волочильний отвір у розрізі

4) **калібрувальної ділянки** (вихід на номінальний діаметр і забезпечення заданої точності і однорідності діаметру дроту) ; 5) **вихідної розпушки** (захист дроту на виході).

Для волочіння дроту діаметром менше 0,30 мм застосовують волокни з технічних алмазів вагою 0,15—0,50 карат (ГОСТ 6271-52).

Виготовлення алмазних волок складається з операцій огранки, центрування, сверління, полірування і монтажі алмазу у оправі.

Огранка полягає у створенні на алмазі довільної форми двох строго паралельних і однієї перпендикулярної площин. Паралельні грані служать опорними площинами, необхідними для правильної установки алмазу на операціях сверління каналу, а перпендикулярна служить як віконце, через яке ведуть спостереження і контроль за процесом. Тонке шліфування і полірування граней виконують обертальним чавунним диском на основі абразивної пасти, що складається з суспензії діамантової пудри в оливковому маслі.

Центрування полягає в нанесенні гострим уламком алмазу в центрі однієї з паралельних граней невеликого конічного заглиблення.

Сверління полягає у виготовленні основної частини волочильного каналу. Його проводять на спеціальних мініатюрних сверлильних верстатах вістрієм тонкої сталевий голки. У конічне заглиблення між голкою і стінками наміченого отвору закладають діамантову абразивну пасту. При швидкому обертанні голки і зворотно-поступальній вібрації алмазу частинки пасти поступово розширюють некрізний отвір. Необхідний профіль майбутнього каналу досягається поступовою зміною форми заточування голок. На початку сверління вістрію голки надають форму короткого конуса, а в кінці свердлення - подовженого конуса. Після утворення отвору глибиною близько 2/3 товщини алмазу проводять гострим діамантовим

уламком зустрічне сверління з іншого боку до утворення маленької овальної лунки. Потім обидва заглиблення сполучають тонко заточеною голкою з майже циліндровим вістрієм в наскрізний канал. Свердлення каналу в одному алмазі за таким методом триває близько 50 годин. Алмази звичайно свердлять тільки на найменший діаметр з тим, щоб у міру зношення можна було розшліфувати канал на більший діаметр.

Більш продуктивним і технологічним є електроіскровий метод сверління алмазів. По цьому методу циліндричну частину каналу свердлять в рідкому електроліті короткочасними (імпульсними) електричними розрядами. Розряд в електроліті аналогічний розряду в газі, оскільки висока температура викликає перетворення рідини в зоні розряду в газ (рис.50).

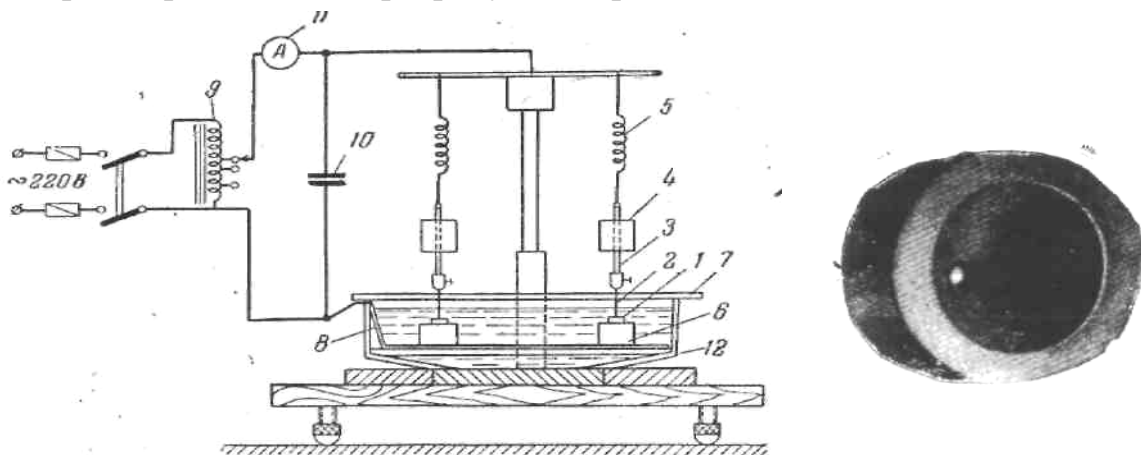


Рис. 50 – Електроіскрове сверління волочильного отвору і готова волока

При пропусканні через електроди імпульсного струму в місці зіткнення алмазу і вібруючої голки утворюються безперервні іскрові розряди. У зоні розряду розвивається висока температура, що викликає випаровування алмазу. Голка поступово проникає в тіло алмазу і за 3 -5 годин створює вузький отвір.

Полірування полягає в доведенні робочого конуса і калібруючої частини волочильного каналу до заданих розмірів і необхідної форми. Полірування виконують на полірувальному верстаті сталевую голкою із застосуванням тонкої абразивної пасти. Поліруванням збільшують стійкість волок і знижують зусилля волочіння, що сприяє зменшенню числа обривів дроту при волочінні.

Монтаж у оправі потрібний для збільшення міцності стінок алмазу і полегшення роботи з ним при волочінні.

Твердосплавні волокна виготовляють за металокерамічним методом. По цьому методу спочатку готують шихту з порошкоподібної суміші карбиду вольфраму і речовини (зазвичай металевого кобальту), потім цю суміш пресують в прес-формах, після чого відформовані волокна спікають у печі при температурі близько 1500° С.

Контрольні запитання:

1. Описати основні ділянки волочильного отвору.
2. Механічне свердління волочильних отворів.
3. Сутність електроіскрового сверління.
4. Стадії обробки волочильних отворів.

ЛЕКЦІЯ 26

Вольфрамовий дріт: виготовлення і контроль спіралей

Вольфрамові спіралі виготовляють на спіралізаційних верстатах (рис.51). Перед спіралізацією з кожної котушки вольфрамового дроту відрізають шматок завдовжки 200 мм і зважують на терезах для перевірки відповідності фактичного діаметру дроту діаметру, позначеному на етикетці. Перевірений дріт перемотують на машинах з котушок різного діаметру на стандартні сталеві шпулі.

Сутність роботи верстата полягає у такому. Сталевий або молібденовий kern перемотують із спускної котушки 1 на ведучу 5. При перемотці kern проходить через спрямовуючий ролик 2, пустотілий шпіндель 3 і втулку 4. Отвір у втулці ретельно відполірований, і діаметр його не перевищує діаметру керна більш ніж на 0,02—0,05 мм. Разом зі шпінделем обертаються головка 6 і шпуля 7 з вольфрамовим дротом.

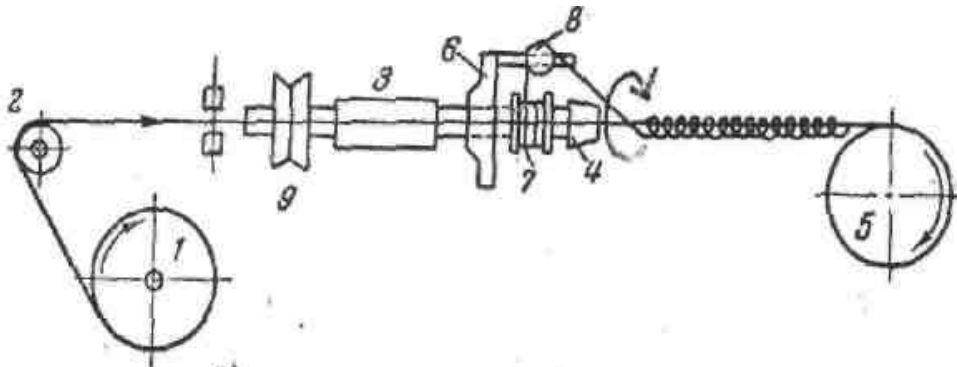


Рис. 51 – Спіралізаційний верстат

Дріт навивається через ролик 8 на kern. З кожним обертанням шпінделя головка зі шпулею робить одне обертання, і на kern накладається один виток спіралі. Відстань між суміжними витками, рівна величині переміщення керна за час одного обороту головки, називають **кроком**. Величина, зворотна кроку, складає число витків на 1 мм. Для рівномірного розподілу температури по всій спіралі важливо, щоб спіраль мала рівномірну навивку.

Спіралізаційні верстати бувають **безперервної** і **періодичної** дії. На верстатах безперервної дії звивають нескінченну спіраль, яку потім розрізають на відрізки заданої довжини. На верстатах періодичної дії звивають спіралі з періодичними пропусками - так званими тире. Посередині тире спіралі розрізають на відрізки заданої довжини. Спіралі з тонкого дроту на тонкому керні, призначені для закріплення в електродах затиском, виготовляють без тире, а спіралі з товстого дроту на товстому керні, а також спіралі, призначені для закріплення в електродах приварюванням, виготовляють з тире. Утворення тире здійснюють таким чином. Після навивання необхідного числа витків призупиняють обертання навивочної головки, а kern в цей час примушують переміщуватися з незмінною швидкістю.

Чим швидше переміщається kern при незмінній швидкості обертання навивочної головки або чим повільніше обертається навивочна головка при

незмінній швидкості переміщення керна, тим більший виходить крок і тим меншим буде число витків, що навивається на 1 мм довжини спіралі.

Вольфрамову проволоку в процесі спіралізації піддають прямому або непрямому нагріву струмом від знижуючого трансформатора. При нагріві дріт є м'яким, він рівномірно облягає тіло керна і спіралізується без обривів і розшарування. Температуру нагріву регулюють реостатом і контролюють амперметром.

Всі верстати зазвичай забезпечують приладом (реле), що автоматично замикає електричний ланцюг з сигнальною лампою у випадках обриву вольфрамового дроту і дозволяє стежити за процесом спіралізації на відстані. ні.

Натягнення керну і дроту є важливим для якісної спіралізації. Чим товще керна, тим сильніше його натягують. Дуже сильно натягнутий кери витягується, змінюючись в діаметрі, а дуже слабо натягнутий — провисає, нерівномірно переміщається і нерівномірно покривається спіраллю. Дуже сильно натягнутий дріт рветься, розтягується або глибоко врізається в тіло керна, а дуже слабо натягнутий не забезпечує рівномірність навивання.

Кожен верстат забезпечують стробоскопом - приладом, що дозволяє спостерігати швидкорухому спіраль немов в нерухомому стані. Такий прилад полегшує контроль постійності кроку. Верстати часто вмонтовують по декілька штук на одній станині; в цьому випадку кожен шпіндель забезпечують приводом від окремого електродвигуна.

Обов'язки обслуговуючого персоналу полягають в заправці до верстатів вольфрамового дроту і керна, зніманні спіралі на керні і спостереженні за ходом процесу. Як правило, один робітник обслуговує 10—25 верстатів.

Для усунення у спіралі внутрішніх напружень і закріплення їх гвинтоподібної форми виконують їх відпал разом з керном. Відпал, окрім поліпшення механічних властивостей спіралей, також сприяє частковому спалюванню на спіралях залишків графітової плівки. Відпал здійснюють перемотуванням спіралей на керні через розжарений керамічний муфель електричної печі. Температуру відпалу підтримують 600—900°C, а швидкість перемотування до 4 м/хв. При збільшенні діаметрів вольфрамового дроту і керна температуру відпалу підвищують, а швидкість перемотування знижують. Постійність температури підтримують автоматичним терморегулятором. При надмірно високій температурі дріт дуже окислюється, що викликає згодом зменшення потужності, світлового потоку і світлової віддачі ламп. Надмірно висока температура, крім того, сприяє взаємодії між вольфрамом і речовиною керна (якщо він молібденовий), викликаючи крихкість спіралі. При дуже низькій температурі мета, що переслідується відпалом, не досягається.

Звивання вольфрамового дроту в спіраль є доцільним не тільки через компактність тіла розжарювання, а і з погляду на уповільнення випаровування вольфраму (затримка атомів витками і повернення їх до тіла розжарювання).

Після відпалу спіралі разом з керном розрізають на відрізки заданої довжини. Спіралі без тире розрізають на верстатах з автоматичним поданням матеріалу до робочої зони, а спіралі з тире — на верстатах з ручною подачею або на верстатах з автоматичною подачею і застосуванням фотоелемента. У

останньому випадку спіралі пропускають через щілину, що освітлюється променем світла, спрямованим на фотоеlement. Залежно від того, чи проходить через щілину навита частина спіралей або тіре, змінюється величина світлового потоку, що надходить до фотоеlementa. Збільшення світлового потоку викликає зростання струму в ланцюзі фотоеlementa. Сигнал фотоеlementa, посилений приймально-підсилювальною лампою, викликає спрацьовування реле і включення електромагніту, що приводить в дію механізм різання спіралі. Відрізана спіраль скидається струменем стислого повітря в приймальний лоток.

Травління спіралей переслідує мету видалення керна, на якому навиті спіралі а також оксидів вольфраму, графітового мастила і жирів з їх поверхні. Травильні операції виконують шляхом послідовного занурення спіралей у травильні ванни з різними травниками, склад яких залежить від матеріалу керна.

Травління спіралей на молібденовому керні починають із занурення їх в травильну рідину, складену з трьох частин азотної кислоти, однієї частини сірчаної кислоти і однієї частини води.. Травник не підігривають, оскільки сама реакція протікає бурхливо і супроводжується великим виділенням тепла. Про закінчення розчинення керна судять по припиненню виділення бульбашок оксидів азоту. Протравлені спіралі промивають проточною водою і знову занурюють в чистий травник з розчину азотної і сірчаної кислот для контролю повноти травління керна по газових бульбашках.

Для попередження браку спіралей потрібно дотримувати наступних правила правильного травління спіралей:

- 1) не класти у велику травильну посудину малу кількість спіралей;
- 2) тримати спіралі у ваннах повністю зануреними у травник;
- 3) не затримувати спіралі в травильній ванні після завершення реакції розчинення керна;
- 4) завантажувати травильну ванну по можливості спіралями одного типу;
- 5) стежити, щоб графітовий накіп, що утворюється на поверхні кислоти, не попадав на спіралі;
- 6) не допускати дуже високої або низької температури розчинів.

Втрати у вазі спіралі допускаються не більше 3—5%. Підвищені втрати у вазі викликаються: тривалою дією на вольфрам травильної суміші азотної і сірчаної кислот, високою температурою суміші кислот, одночасним травлінням великої кількості спіралей на товстому молібденовому керні, малою концентрацією в травильній суміші азотної кислоти і тривалим перебуванням спіралі в розбавленій соляній кислоті, що містить розчинене залізо. Сильно перетравлені є непридатними до подальшого використання. З метою підвищення продуктивності праці спіралі перед тим, як занурити у травник, закладають у пакети з вольфрамової сітки, і всі приведені вище операції проводять, не витягуючи їх з пакетів.

Операції травління спіралей виконують в ізолюваному від решти виробництва приміщенні, щоб присутність в повітрі пари кислот не викликала корозії металічних деталей устаткування. Протравлені, промиті і просушені спіралі піддають термічній обробці в з метою очищення їх від забруднень. При

такій обробці із спіралей випаровується бруд і виділяються поглинені гази. Нагрів проводять в електричній муфельній печі.

При виготовленні біспіралей вимоги до роботи спіралізаційного обладнання і травління спіралей висуваються ще суворіші. Це головне обумовлюється наявністю двох а не одного кернів, що вимагає більш строгого розрахунку режиму травління і точної роботи частин спіралізаційного верстата.

Існує ряд випадків, коли готові спіралі треба забракувати.

- 1) Нерівномірно навиті (різна відстань між витками);
- 2) Сплутані (не можуть бути розділені підкидуванням);
- 3) Крихкі (рвуться при розтяганні або стисненні);
- 4) Мають неоднаковий кут нахилу витків;
- 5) Розшаровані на окремі волокна;
- 6) Деформовані;
- 7) Мають неоднакове або коротке тіре (неправильно нарізані);
- 8) Не відповідають нормам по вазі (витягнуті при спіралізації або перетравлені);
- 9) Не відповідають нормам по довжині (неправильно нарізані або змінилися у довжині після травління);
- 10) забруднені (містять частинки керна або погано відмиті від солей).

У працюючій лампі спіралі повинні мати рівномірну температуру. Для вибіркової оцінки виконують випробування спіралей на наявність плям, сутність яких полягає у миттєвому нагріві спіралі струмом розряду конденсатора. Нерівномірні спалахи свічення, бувають при таких випробуваннях, або яскраві спалахи у вигляді зіркоподібних точок є ознакою незадовільної якості спіралі.

Крихкість спіралей встановлюють розтяганням або стисненням. Міцна, некрихка спіраль при розтяганні до триразової довжини не обривається і при стисненні не розпадається на окремі витки. Розшаровування при розтяганні спіралей з товстого вольфрамового дроту не служить ознакою їх поганої якості.

Вагу спіралей перевіряють зважуванням на терезах, а довжину – лінійкою з міліметровою градацією. Контроль ваги служить непрямою перевіркою розмірів спіралей.

Готові перевірені спіралі після термічної обробки пактують у пергаментний папір або целофан і зберігають в сухому місці. Запаси препаратів спіралей не мають перевищувати 4-5 – добової потреби. Триваліше зберігання спіралей слід здійснювати у вакуумних шафах. Мінімальні запаси спіралей також дозволяють заводам – виробникам гнучко реагувати на зміни конструкцій ламп.

Контрольні запитання:

1. Описати дію спіралізаційного верстата.
2. Особливості спіралізації.
3. Різання і травління спіралей.
4. Випадки, коли спіралі треба бракувати.

ЛЕКЦІЯ 27

Виготовлення електродів

Електроди служать для підведення напруги від цоколя до тіла розжарювання. Вони складаються з декількох відрізків дротів з різного матеріалу, послідовно сполучених газовою або електричною зваркою. Більшість ламп виготовляють з двома електродами, звареними з трьох ланок: внутрішньої, (що міститься усередині відкачуваного об'єму лампи), зовнішньої (що міститься поза відкачуванням об'ємом лампи) і проміжного (що проходить крізь лопатку ніжки). Вільні кінці внутрішніх ланок приєднують до тіла розжарювання, а зовнішня ланка виходить на цоколь. Щоб в лампу не проникало атмосферне повітря, електроди повинні бути герметично упаяні в скло. Проміжна ланка електроду повинна добре прилипати до скла і мати близький до скла коефіцієнт розширення. Такий коефіцієнт має платина, але із зрозумілих причин їй знайшли заміну - дешевшим матеріалом - платинітом, що не містить платини. У виробництві ламп застосовують пла-тинитові дроти діаметром від 0,25 до 0,8 мм.. Тонкіші дроти мають малу механічну міцність і легко окислюється при виготовленні ніжок, а товстіші - не забезпечують необхідної герметичності в спаї зі склом.

Як зовнішні ланки електродів для ламп застосовують мідні дроти, а як внутрішні - нікелеві. Довжину ланок визначають залежно від розмірів ламп, а діаметр — залежно від споживаного лампами струму.

Щоб уникнути порушення механічної міцності ланок при виготовленні і експлуатації ламп і з метою зменшення електричних втрат на нагрів електродів, їх майже завжди виготовляють з дротів більшого діаметру, ніж це потрібно для фіксованої густини струму. Проте електроди з дротів дуже великого діаметру застосовують, оскільки вони сильно охолоджують кінцеві ділянки спіралі, чим викликають нерівномірний розподіл температури по довжині спіралі. Надмірно тонкі внутрішні і зовнішні ланки електродів, окислюючись під час виготовлення ламп, послаблюються і легко обриваються при випрямлянні.

Окремої уваги в світлотехнічному виробництві заслуговує виготовлення платинитової ланки електрода. Платиніт є **біметалом**, тобто металом покритим зовні іншим металом або сплавом. Його осердя являє собою дріт з нікелевої сталі, а оболонка є мідною. При певному співвідношенні між діаметром осердя і товщиною мідної оболонки отримують платиніт з необхідним коефіцієнтом розширення. Мідна оболонка, окрім підвищення коефіцієнта розширення платиніту, зменшує його електричний опір.

Початковим матеріалом для приготування платинітового дроту є круглі стрижні завдовжки 1,65 м, діаметром близько 8 мм із спеціальної нікелевої сталі марки Н-42. За ГОСТ 5572-50 такі стрижні містять 42—44% нікелю і не більше 0,03% сірі, 0,03 % фосфору, 0,8% марганцю, 0,4% кремнію, 0,1% хрому і 0,3% вуглецю. Стрижні за вказаним ГОСТом не повинні мати газових включень, тріщин і сильно виражених подряпин і повинні бути добре відшліфовані і випрямлені. Перед виготовленням платиніту стрижні відпалюють у водні при 1200-1250°C для поліпшення їх подальшої

оброблюваності, відновлення оксидів заліза, видалення поверхневих забруднень і знегажування. Крім того стрижні травлять у 30%-му розчині сірчаної кислоти і промивають холодною проточною водою. Після такої підготовки на стрижнях електролітично нарощують мідь. При цьому використовують ванни, наповнені електролітом, що являє собою суміш водного розчину мідного купоросу з сірчаною кислотою. До електроліту підводять постійний струм від генератора або випрямляча. Анодом при цьому є занурені у ванну товсті пластини з електролітичної міді, а катодом - підвішені на шинах стрижні, що підлягають міднінню. Під дією струму на поверхні стрижнів осідають атоми міді, що нарощуючись у великій кількості, утворюють суцільне мідне покриття. Для рівномірного осадження міді електроліт енергійно перемішують очищеним від масла і інших забруднень стислим повітрям, що поступає в нижню частину ванни через трубу з великим числом отворів. З цією ж метою ванни іноді облаштовують механізмом, що обертає стрижні навколо своєї осі. Стрижні, підготовлені до міднення, повинні бути абсолютно чистими, оскільки мідь погано пристає до нечистої поверхні і при подальшій механічній обробці відшаровується. Вага нарощеного шару міді складає зазвичай 25—30% загальної ваги стрижня. Після нанесення шару міді стрижні відпалюють при температурі 900° С.

Механічна обробка платиніту полягає в його просуванні через волокна, як це було і у випадку вольфраму з тією відміною, підігрів дроту не потрібен. Після того, як дріт з платиніту одержано, його просувають через вату зі спиртом, тобто ретельно очищують для наступної технологічної операції – **борирування**. Ця операція є специфічною, і потреба у ній виникає через необхідність забезпечення доброї адгезії платиніта зі склом і захисту платиніта від зайвого окислення мідної оболонки при виготовленні ніжок. Схема процесу наведена на рис. 52.

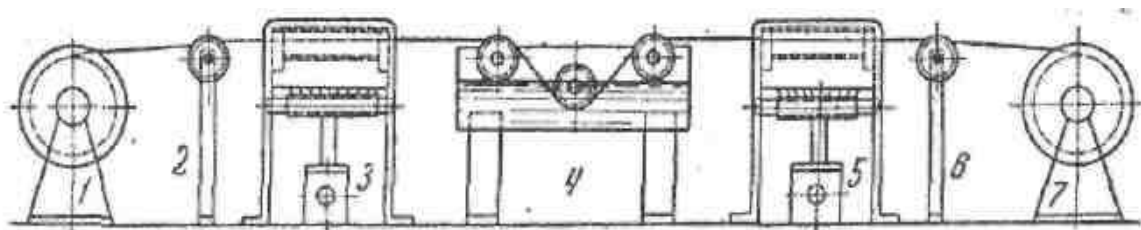


Рис. 52. - Схема борірування платиніту

Платинітовий дріт просувають через дві газові або електричні пічі і ванну з водним розчином бури. При перемотці спускної котушки пригальмовують щоб дріт переміщався в натягнутому стані і не торкався стінок печей. Спочатку дріт знежирюється нагріванням до 630—650° С в першій печі. При цьому її мідна оболонка окислюється з утворенням тонкого поверхневого шару чорного окислу міді. Далі дріт проходить через спрямовуючі ролики у ванну з підігрітим насиченим водним розчином бури, покривається в ній плівкою розчину і проходить в другу піч. При 1000—1050°С в другій печі чорний окисел міді розкладається, перетворюючись на червоний закис міді, а бура

висихає, плавиться і вступає з міддю в хімічну взаємодію. На поверхні платиніту утворюється нова речовина — борна емаль, що додає платиніту червоний колір різного відтінку. При низькій температурі в другій печі утворюється недостатньо товстий шар закису міді, бура погано на ній закріплюється і обсипається. При високій температурі в другій печі утворюється дуже товстий, рихлий шар закису міді. Колір готового дроту після борирування повинен бути червоним наче цегла. Жовтий колір виходить при низькій температурі в другій печі, а темно-червоний — при високій температурі. При нагріві в двох печах платинітовий дріт одночасно з борируванням відпалюється і набуває пластичності.

Кожну котушку готового платинітового дроту перевіряють на відповідність технічним умовам. Дріт не повинен мати темних плям окислу міді і синіх смуг. Поверхня її повинна бути гладкою і чистою. На ній не повинно бути здуття, що викликається відшаруванням мідної оболонки від осердя. Для визначення поперечного коефіцієнта розширення з платинітового дроту знімають борну плівку кип'яченням в 1%-ном розчині винної кислоти і аналізують очищений платиніт на зміст міді і нікелю. За їх змістом знаходять в таблиці коефіцієнт розширення. Іноді для оцінки якості платинітового дроту з кожної котушки виготовляють пробні лампи і випробовують їх. За поведінкою ламп судять про якість дроту.

Зовнішня борна плівка легко вбирає вологу, тому платинітові дроти зберігають в сухому місці. Поверхню дроту на котушці закривають стрічкою для захисту від вологи..

Існує і четверта ланка у електроді – топкий запобіжник. Якщо з якої-небудь причини в електричному ланцюзі проходить дуже великий струм, то перегрів проводів може викликати обуглювання або загоряння ізоляції. Щоб уникнути небезпечних наслідків надмірного збільшення струму в ланцюг включають запобіжник, який є в більшості випадків тонким металевим дротом, що сильно розігрівається при збільшенні струму. Коли сила струму перевищить встановлену граничну величину, запобіжник плавиться і автоматично відключає ділянку ланцюга, в якій відбулося аномальне збільшення струму. Електричні мережі з включеними в них лампами теж захищають топкими запобіжниками, що оберігають дроти мережі від теплової дії струму при великих перевантаженнях.

Потужні біспіральні лампи мають сильно зконцентроване тіло розжарювання. Розріджений інертний газ в проміжках між витками тіла розжарювання сильно нагрівається і іонізується, унаслідок чого електропровідність його підвищується. У момент перегорання лампи між кінцями спіралі, що перегоріла, виникає електрична дуга, що складається з розжарених газів і парів вольфраму і викликає різке збільшення струму в ланцюзі лампи (коротке замикання). Щоб уникнути розплавлення мережевого запобіжника у момент збільшення струму всі потужні біспіральні лампи забезпечують власним топким запобіжником, що поміщається у ніжці. Роль такого запобіжника виконує зовнішня ланка електрода, яка виготовлена з дроту, здатного швидко розплавлятися у разі збільшення струму. При

виникненні в лампі дуги власний запобіжник плавиться, запобігаючи розплавленню мережевого запобіжника. При виборі матеріалу для запобіжника і встановлення його розмірів виходять з того, що величина струму при перегоранні лампи не повинна перевищувати певних значень. Як матеріал для запобіжника застосовують дріт з константана (сплаву міді і нікелю) або феронікеля (сплаву заліза і нікелю), що мають підвищений питомий опір і відносно низьку температуру плавлення.

На стрижні з нікелевої сталі, призначені для виготовлення запобіжників, напощують 4—8% міді, тобто значно менше, ніж це потрібно для виготовлення платиніту. В даному випадку шар міді потрібний не для отримання якогось певного коефіцієнта розширення дроту, а як мастило, що полегшує подальше волочіння. Волочіння і відпал такої ланки електроду не відрізняється від тих, що були описані раніше.

Контрольні запитання:

1. Описати ланки електроду і їх призначення.
2. Для чого застосовується платиніт?
3. Сутність і призначення борирування.
4. Як спрацьовує і виготовляється топкий запобіжник?

ЛЕКЦІЯ 28

ВИРОБНИЦТВО ГАЗІВ НА СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Основною сировиною для промислового отримання кисню і азоту служить атмосферне повітря. Воно складається з однорідної суміші багатьох газів, переважно азоту (близько 78%) і кисню (близько 21%). Окрім газів, атмосферне повітря містить змінну кількість водяної пари і пилу.

Отримання кисню і азоту розділяється на два основні процеси - зріджування повітря та його розділення. Схема промислової установки наведена на рис. 53.

Зріджування повітря засноване на його охолодженні до температури нижче критичної, при якій воно перетворюється на насичену пару, і у відводі від пари тепла, що супроводжується конденсацією пари у рідину. Як видно з рис. 53 атмосферне повітря стискається компресором 1 і прямує по зміяку 2 до холодильника 3. З холодильника стисле повітря проходить через теплообмінник 8, в якому воно охолоджується за рахунок поглинання холоду від пари вже раніше зрідженого повітря. Далі стисле повітря проходить через вузький канал 4 (дросельний вентиль), після виходу з якого тиск його різко знижується майже до атмосферного.

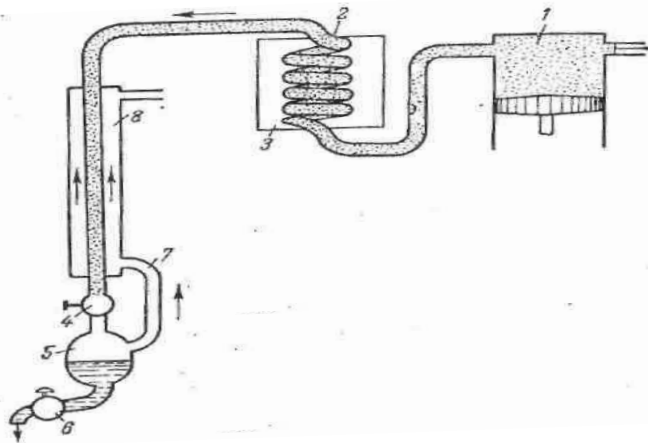


Рис. 53. - Схема установки для отримання кисню і азоту

Цей процес називають **дроселюванням**, тобто пропусканням стислого повітря через вузький отвір з метою зменшення його тиску. Витрата енергії, що відбувається при цьому, зумовлена подоланням сил взаємодії між молекулами повітря при його розширенні викликає охолодження повітря. Після дросельного вентиля охоложене повітря прямує до резервуару 5, в якому пари його відділяються від зрідженої частини і відводяться по трубці 7 до теплообмінника, де, як вже було сказано, вони використовуються для подальшого охолодження нових порцій стислого повітря, що надходить з холодильника. Отриманням рідкого повітря в резервуарі 5 закінчується **перша стадія процесу**.

Розділення рідкого повітря засноване на відмінності температур кипіння і випаровування його складових частин. При атмосферному тиску кисень кипить (зріджується) при -183°C , а азот при -196°C . Повітря кипить при -194°C , тобто при **нижчій** температурі, ніж кисень, і **вищій**, ніж азот. Коли повітря кипить, кисень і азот випаровуються з нього не однаковою мірою. Більшою мірою випаровується

азот. Коли значна частина азоту вже випарується, рідке повітря збагатиться киснем. Багатократною конденсацією і випаровуванням повітря можна розділити його на азот і кисень. Такий спосіб розділення називають **ректифікацією**.

У виробництві цей процес здійснюється у ректифікаційних колонах (рис.54).

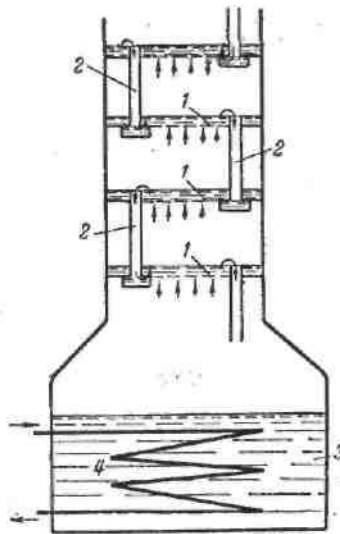


Рис. 54. - Схема ректифікаційної колони

Ці колони забезпечені великим числом горизонтальних перегородок (тарілок). Кипляче рідке повітря надходить в «випарну посудину» і безперервно з нього випаровується. Оскільки азот кипить при нижчій температурі, ніж кисень, то в продуктах випаровування міститься більше азоту, чим кисню; а в киплячій рідині міститься більше кисню, ніж азоту. Пари, поступово збагачуючись азотом, піднімаються через отвори в тарілках до верху колони. Кисень, що міститься в парах, конденсується на тарілках в рідину і стікає з тарілки на тарілку вниз колони. У нижній частині колони поступово скупчується рідкий кисень, а у верхній частині — газоподібний азот. Розділення повітря проводять за системою одноразової та двукратної ректифікації. По першій системі можна отримувати кисень і азот, один з яких на 6-7% забруднений іншим. По другій системі можна отримувати обидва гази в практично чистому вигляді.

Аналогічним чином можна одержати інші необхідні для електролампового виробництва гази — аргон і криптон. Одною з основних труднощів при цьому є доволі низька їх концентрація у повітрі.

Контрольні запитання:

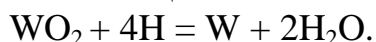
1. Основні стадії одержання газів з повітря.
2. Робота промислової установки.
3. Принцип дії ректифікаційної колони.

ЛЕКЦІЯ 29

Промівка і відкачка ламп

До шкідливих газів в газонаповних лампах відносять перш за все кисень, пари води і вуглекислий газ, які можуть залишатися в лампах з атмосферного повітря, що містилося в них. До шкідливих газів відносять також водень, окисел вуглецю і вуглеводні (пари масла), які можуть проникнути в лампи під час технологічного процесу.

Найнебезпечнішою для газонаповної лампи є водяна пара. На холодну вольфрамову нитку вона практично не діє, а на розжарену нитку діє руйнівню. Молекули води розкладаються поблизу розжареного вольфраму на кисень і водень, причому, останній утворюється не у вигляді молекул, а у вигляді атомів, тобто в хімічно активній формі. Кисень окисляє вольфрам, оксиди вольфраму випаровуються з поверхні нитки до стінок колби, а атомний водень їх відновлює. У результаті на колбі осідають частинки відновленого вольфраму, а усередині лампи знов утворюється водяна пара. Вона під дією високої температури знову розкладається на кисень і атомний водень, кисень окисляє наступні частинки розжареного вольфраму, а атомний водень їх знову відновлює з утворенням водяної пари. Описана реакція здійснюється замкнутими циклами і тому називається **циклічною**: $W + 2H_2O = WO_2 + 4H$



Таким чином, навіть незначна кількість водяної пари в лампі викликає перенесення частинок вольфраму з поверхні тіла розжарювання на внутрішню поверхню колби. У результаті циклічної реакції частинки вольфраму скупчуються на поверхні колби, поступово знижуючи прозорість скла, а тіло розжарювання дедалі більше тонкішає. Тобто водяна пара знижує як світлотехнічні, так і експлуатаційні характеристики ЛР. Особливо шкідливою водяна пара є для лампи з тонкою вольфрамовою ниттю.

Дія водню в лампі за наявності кисню майже співпадає з дією водяної пари. Нікелеві ланки електродів завжди містять адсорбований водень. Якщо вони нагріті і хоча б трошки окислені, то водень, виділяючись при горінні лампи, відновлює оксиди і утворює водяну пару. За відсутності в лампі кисню водень не викликає хімічного розпилювання вольфраму, але його висока теплопровідність і дисоціація його молекул на атоми під впливом високої температури нитки викликає додаткові теплові втрати в лампі.

Шкідлива дія газів, що містять вуглець, викликана їх розкладанням під впливом високої температури. Вуглець реагує з розжареним вольфрамом і утворює карбід, що спричиняє крихкість спіралі і схильність до викривлення

Тиск кожного з компонентів газової суміші на стінки колби називають **парціальним**. Парціальний тиск шкідливих газів в газонаповних лампах повинен бути нижчим, ніж тиск залишкових газів у вакуумних лампах, оскільки у вакуумних лампах видалення залишкових газів завершують газопоглиначами (гетерами), а в газонаповних лампах газопоглиначі не діють так ефективно, як у

вакуумних. Тому шкідливі гази з газонаповних ламп доводиться ретельно видаляти в процесі самого **відкачування**.

Спочатку лампи попередньо відкачують, не ставлячи за мету одержати високий вакуум. Декілька десятих доль міліметра і навіть декілька міліметрів ртутного стовпа вважається в даному випадку цілком достатнім остаточним тиском у колбі. Далі звільняються від шкідливих газів **промивкою**.

Ця операція полягає в тому, що лампи після відкачування наповнюють азотом, і потім відкачують азот, потім знову наповнюють азотом і знову відкачують. Так поступають кілька разів, поки кількість шкідливих газів буде доведена до такого парціального тиску, при якому вони великої шкоди вже принести не зможуть. При кожному наповненні ламп промивальним азотом залишкові шкідливі гази змішуються з ним і разом видаляються з лампи при подальшому відкачуванні. Парціальний тиск шкідливих газів у лампі після декількох промивок можна визначити за рівнянням

$$P = P_0 \left(\frac{P_x}{P_a} \right)^n$$

де P - парціальний тиск шкідливих газів у лампі після останньої промивки; P_0 - тиск в лампі перед першою промивкою; P_x - тиск в лампі після відкачування промивального азоту; P_a - тиск в лампі після наповнення промивальним азотом;

n — число промивок. Оскільки $\left(\frac{P_x}{P_a} \right) < 1$, ясно, що на зменшення парціального

тиску шкідливих газів особливо впливає зростання показника ступеня n , тобто збільшення числа промивок. Багатократною промивною можна створити такий низький тиск шкідливих газів, якого не можна досягти ніякими досконалими насосами.

Лампи відкачують, промивають і наповнюють на одних і тих самих відкачних автоматах у основі яких лежать вакуумні насоси, найчастіше – **пластинчато-роторні**, принципова схема якого наведена на рис.55.

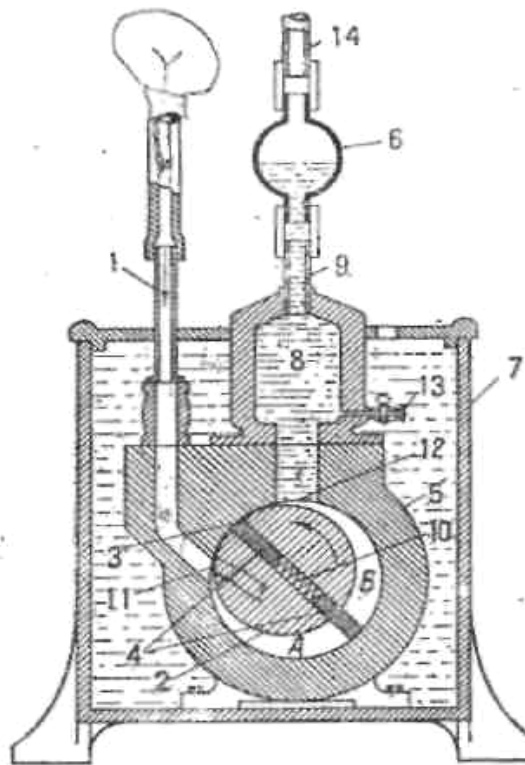


Рис. 54. - Схема пластинчато-роторного насоса

Пластинчато-роторний насос являє собою статор 1 і ротор 2. Центр тяжіння ротора зміщено. У роторі є отвір з двома широкими пластинами 4, що роспираються пружиною 10. Насос з'єднується з відкачним об'ємом, наприклад, з колбою лампи. При такому з'єднанні газ виходить з колби через канал 11, де його захоплює пластина, внаслідок чого газ потрапляє до камери А. Далі газ при обертанні ротора підходить догори - до випускного отвору, і за допомогою нагнітальних зусиль пластин долає прошарок масла і потрапляє до резервуара 6, де накопичується масло. Масло у резервуарі 8 використовується як регулятор одностороннього руху газа і змащувач частин насосу.

Контрольні запитання:

1. Гази, що шкідливі для ламп.
2. Призначення відкачки і промивки.
3. Принцип дії пластинчато-роторного насосу.

ЛЕКЦІЯ 30

Газопоглиначі і способи їх нанесення. Виготовлення цоколів ламп

Газопоглиначами або геттерами називають хімічні речовини, що вводяться всередину ламп з метою поглинання і знешкодження залишкових парів і газів. У вакуумних лампах поглиначі покращують вакуум, підтримують його на необхідному рівні і зменшують темний наліт вольфраму на колбі. У газонаповних лампах поглиначі поглинають шкідливі домішки в наповнюючому газі. Деякі поглиначі позитивно впливають на збільшення міцності тіла розжарювання і підвищення пробивної напруги лампи.

Поглиначі для ламп розжарювання мають відповідати наступним вимогам:

- 1) активно поглинати і міцно утримувати шкідливі гази;
- 2) не давати непрозорого нальоту на внутрішніх стінках колби;
- 3) не впливати на світлові і електричні параметри ламп;
- 4) не зменшувати механічну міцність тіла розжарювання;
- 5) не вступати в хімічну сполуку з матеріалом тіла розжарювання;
- 6) мати при робочій температурі лампи низьку пружність насиченої пари;
- 7) поглинати гази при певному інтервалі температур.

Газопоглиначі можуть бути випаровувані і невиваровувані. Перші наносять безпосередньо на тіло розжарювання, другі — на електроди поблизу тіла розжарювання. Перші діють переважно в газоподібному стані при першому запаленні ламп. Другі — в твердому стані на протязі всього терміну служби ламп. До перших належать червоний фосфор, кріоліт, вуглекислий барій, газова сажа; до других — металеві цирконій, титан і алюміній. У вакуумних лампах застосовують фосфорно-кріолитовий газопоглинач, в газонаповних — переважно фосфорний, барієвий, цирконієвий, титановий і алюмінієвий.

Для поєднання порошкоподібних геттерів у єдину масу, тобто для зчеплення мікрочастинок поміж собою використовують **біндери**. Біндери оточують тонким шаром кожен частинку поглинача і додають поглиначу вологостійкість і клейкість, полегшуючи його рівномірний розподіл і закріплення на поверхні спіралі. Як біндер застосовують нітролак. Заготовлені компоненти поглинача перемішують в необхідній пропорції і розтирають у фарфоровому кульовому млині. Поглинач діє в лампах із швидкістю, прямо пропорційній величині його поверхні, тому чим тонше розтертий поглинач, тим рівномірніше його можна наносити на тіло розжарювання чи електроди і тим активніше він діятиме в лампі. Розтертий поглинач зберігають в закритих скляних банках. Всі компоненти поглинача містяться в біндері в зваженому стані. Вони розподіляються в його об'ємі у вигляді найдрібніших, не зв'язаних один з одним окремих частинок. Подібні малопрозорі або непрозорі каламутні рідини, що містять дрібнороздіблені тверді зважені частинки, називають **суспензіями**. Всі поглиначі для ламп є більш-менш густими суспензіями, в яких тверді компоненти розподілені у вигляді найдрібніших суспензій. При зберіганні розбавлених поглиначів їх тверді частинки з тим більшою швидкістю осідають на дно, чим вони більші і важчі. Для рівномірного розподілу їх у всій масі рідини поглинач перед вживанням і періодично під час роботи збовтують.

При приготуванні поглинача слід дотримувати чистоту. Забруднення поглинача негативно впливає на термін служби ламп, особливо з тонкою вольфрамовою ниткою. Всі поглиначі гігроскопічні, тобто легко поглинають вологу з атмосферного повітря. Тому їх слід зберігати в прохолодному місці не довше 2-3 діб. Невикористаний, несвіжий поглинач слід викидати. На заводах, розташованих в місцевостях з підвищеною вологістю повітря, необхідно з особливою ретельністю приймати заходи проти зволоження поглинача.

Поглинач наносять на спіралі фонтанним способом. При цьому обладнання складається з латунної воронки, куди завантажують спіралі, пульверизатора, скляного циліндра, чашки і установки для очищення повітря. Воронку заповнюють спіралями і накривають циліндром. У чашку наливають поглинач. Поворотом крана подають дозу гетера у канал, по якому у воронку поступає стиснуте очищене повітря. Порція повітря розпилює поглинач і піднімає спіралі догори. Спіралі перемішуються і рівномірно покриваються шаром газопоглинача. Циліндр обмежує рух спіралей і не дає їм вилітати за обмежений ним простір. За один раз можна завантажувати від 500 до 12000 спіралей при тиску стислого повітря 2—3 атм. Чим більше завантаження, тим вище потрібний тиск повітря. У фонтанного метода є недоліки – тонкі спіралі розтягуються, згинаються і ламаються; спіралі з великим кроком іноді сплутуються. Цих недоліків немає у способа масового занурення, згідно до якого спіралі укладають в алюмінієву чашку з великим числом отворів в дні. У іншу посудину більшого розміру, наливають поглинач. Чашку із спіралями занурюють в посудину з поглиначем. Після двократного занурення покриті спіралі витягують з чашки і сушать на фільтрувальному папері або в струмені очищеного стислого повітря.

Кожен пакет спіралей до і після покриття зважують на аналітичних вагах. Надбавка у вазі, отримана після покриття, носить назву **приросту поглинача**. Якщо вона виражена у відсотках до ваги непокритих спіралей, її називають **відсотком приросту** поглинача. Для нормальних освітлювальних вакуумних ламп наносять фосфорно-кріолитовий поглинач з приростом 5-15%. Для газонаповних ламп потужністю 75-150 Вт - фосфорний поглинач з приростом 0,15-0,50%. Необхідний відсоток приросту встановлюють виготовленням пробних ламп. На підставі результатів проб коректують приріст. При встановленні співвідношення між фосфором і кріолітом керуються тим, що кількість фосфору повинна бути пропорційне площі поверхні колби, а кількість кріоліту пропорційна швидкості випаровування спіралі.

Спіралі з нанесеним поглиначем мають задовільняти наступним вимогам:

- 1) поглинач має бути добре просушений;
- 2) спіралі не повинні прилипати одна до одної;
- 3) поглинач повинен бути рівномірно розподілений по всій поверхні спіралі;
- 4) поглинач не повинен містити твердих крупинок;
- 5) поглинач не повинен обсіпатися із спіралей;
- 6) відсоток приросту поглинача повинен відповідати нормам;
- 7) спіралі не повинні мати механічних пошкоджень;
- 8) спіралі не повинні бути забруднені.

Спіралі, покриті газопоглиначем при тривалому зберіганні, особливо у вологому повітрі, абсорбують вологу, окислюються і втрачають свої якості. Тому негайно після нанесення поглинача спіралі поміщають у вологонепроникну обгортку або в щільно закриті скляні пробірки. Поглинач слід наносити незадовго до монтажу спіралей. Спіралі, що довго зберігалися після нанесення поглинача, слід відмивати і повторно покривати новим поглиначем.

Виготовлення цоколів ламп

Цоколь служить для механічного і електричного з'єднань лампи з патроном. Більшість ламп виготовляють з різьбовими або штифтовими цоколями (рис.56), у деяких випадках є потреба у фокусуючі цоколях (рис.57).

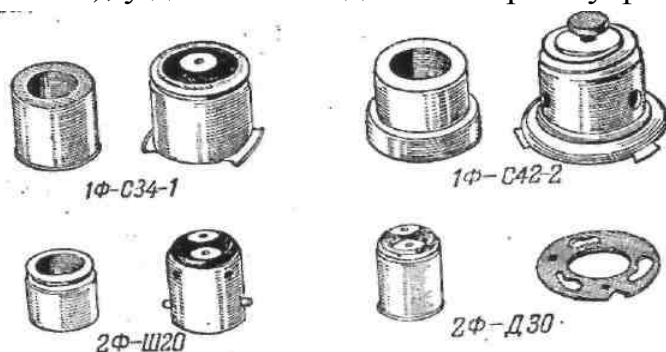


Рис. 56. – Різьбові та штифтові цоколі ламп

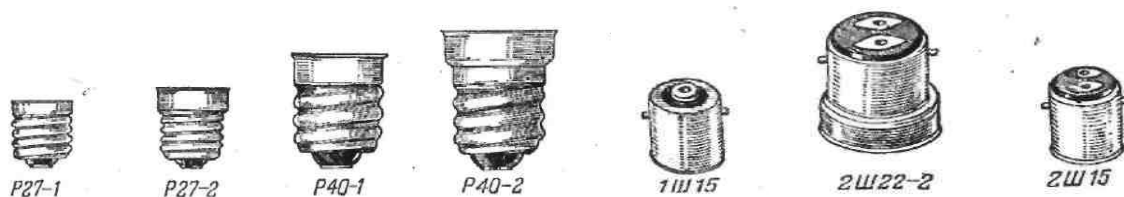


Рис. 57. – Фокусуючі цоколі ламп

Корпуси, контактні пластинки і штифти повинні бути виготовлені з металу, що не боїться корозії. Зазвичай ці деталі виготовляють з латуні, що складається із сплаву міді і цинку. При вмісті міді 68% і цинку 32% сплав виходить найбільш пластичним. Корпуси і штифти виготовляють також з м'якої сталі, але покривають шаром захисного металу. Ізоляція цоколів повинна бути виготовлена з волого- і теплостійкої механічно міцної неелектропровідної маси. Вона повинна міцно сполучати корпус цоколя з контактною пластинкою. Зазвичай цю частину цоколя виготовляють зі скла і, рідко, з пластмаси або фарфору.

Цоколі виготовляються штамповкою металу. Для підвищення продуктивності замість простих одноопераційних штамів користуються многорядними штампами, що проводять за один хід преса декілька однакових операцій одночасно з декількома заготовками, комбінованими або суміщеними штампами, що проводять за один хід преса декілька різних операцій одночасно з однією і тією ж заготовкою і послідовними штампами, що проводять за один хід преса декілька різних операцій одночасно з декількома заготовками, що послідовно переміщуються від однієї операції до іншої. Для створення належних умов безпеки встановлюють огорожі, що ізолюють штампи і рухомі механізми преса від обслуговуючого персоналу. З цією ж метою застосовують автоматичні пристосування, що подають матеріал або заготовки під штамп. Такі

пристосування, крім того, значно підвищують продуктивність праці і скорочують втрати матеріалу при штампуванні. У виробництві цоколів зустрічається різний рівень механізації і автоматизації штампувальних операцій. Разом з простими пристроями для подачі штампованих заготовок застосовують повну автоматизацію. Для штампування цоколів застосовують латунь і низковуглецеву сталь у вигляді стрічки, згорнутої в рулони. Латунна стрічка повинна бути марки Л68 або Л62 по ГОСТ 2208-49 і сталева мазкі ОМ (особливо м'яка холоднокатана) по ГОСТ 503-41. Поверхня стрічки має бути чистою, без шорсткостей, нерівностей, окалини і іржі. Кромки стрічки мають бути обрізані і не повинні мати задирок. Витяжні властивості стрічки, тобто здатність її витягуватися без розриву, визначають випробуванням на приладі Еріксена. Дія цього приладу заснована на поступовому продавлюванні зразка металу, затиснутого між пуансоном і матрицею певних розмірів, до появи на поверхні сферичної лунки. По глибині лунки в момент появи в ній першої тріщини судять про придатність металу для витяжки. Латунна і сталева стрічки для цоколів повинні мати глибину витяжки за Еріксом при пуансоні діаметром 10 мм не менше 5,5 мм. Стрічка має мати товщину 0,2—0,4 мм. Вона повинна бути тим товще, чим менше її витяжка по Еріксену, чим більше цоколь і чим більше відношення висоти корпусу цокolia до його діаметру. Ширина стрічки повинна бути такою, щоб відходи після штампування вийшли мінімальні.

Стакан цокolia неможливо повністю витягнути за одну операцію без того, щоб він не розірвався. Тому його витягують в два-три переходи. Спочатку із сталевий або латунної стрічки вирубують комбінованим штампом плоский кружок і одночасно з кружка витягають стаканчик. На другому і третьому переходах діаметр стаканчика поступово зменшується, а висота збільшується. Щоб штамп не перегрівався, стрічку періодично змочують 10%-ой мильною емульсією. Змочена заготівка до того ж легко виходить зі штампу і не прилипає до нього. Корпуси цоколів після операцій витяжки і виходять з нерівними хвилястими кромками, тому їх обрізають для отримання однакової висоти по всьому колу ранта. На корпусах різбових цоколів видавлюють гвинтове різблення. Різбодавильний автомат складається з накатного гвинта, на який надягають гладкий корпус цокolia, і сталевий накатний ролик з такою же різбою, що і у гвинта, але більшого діаметру. Гвинт має праву різбу а ролик ліву. Гвинт і ролик обертаються навколо своїх осей у різних напрямках, причому гвинт обертається на закріпленій осі, а ролик, не припиняючи свого обертання, відходить від гвинта у момент надягання і знімання корпусу. Виступи різби гвинта точно співпадають із западинами різби ролика.

Контрольні запитання:

1. Вимоги до газопоглиначів.
2. Призначення газопоглиначів та способи їх нанесення.
3. Вимоги до спіралей з прошарком газопоглинача.
4. Принцип дії приладу Еріксена.
5. Дія витяжного штампу при виробництві цоколів.
6. Накатка різби на цоколь.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Боленок В.Е. Производство электроосветительных приборов. - М.: Энергоиздат, 1981.-305 с.
2. Малов А.Н. Технология холодной штамповки. - М.: Машиностроение, 1969.-568 с.
3. Яковлев А.Д. Технология изготовления изделий из пластмасс. - Л.: Химия, 1977.-356 с.
4. Ходкевич Л.П., Леко В.К. Кварцевое стекло в производстве электровакуумных изделий. - М.: Энергоатомиздат, 1981.-88 с.
5. Айзенберг Ю.Б. Световые приборы. - М.: Энергия, 1980.-464 с.
6. Трембач В.В. Световые приборы. - М.: Высшая школа, 1990.- 462 с.
7. Мельников Ю.Ф. Светотехнические материалы. - М.: Высшая школа, 1976.- 151 с.
8. Козлов В.Н. Технология производства световых приборов.- М.: Энергоатомиздат, 1991.-271 с.
9. Пилипчук Р.В., Щиренко В.В., Супрун В.Н., Чорний В.А. Вітчизняні світильники для теплиц // СвітлоLux. – К., 2004. -№ 1. –С.41-44.
10. Шмитс П.В. Тенденции развития внутреннего освещения // СвітлоLux. – К., 2004. -№ 3. –С.24-25.
11. Волкова З.П., Хотин В.М. Технология электровакуумных материалов.- Л.: Энергия, 1972.-216 с.
12. Суворов С.Г., Суворова Н.С. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах. Справочник.- М.: Машиностроение, 1985.-352 с.
13. Пилипчук Р.В., Яремчук Р.Ю. Промислове освітлення. Основні вимоги // СвітлоLux. – К., 2004. -№ 5. –С.33-36.
14. Кожушко Г.М. Енергоекономічні джерела світла: стан справ та перспективи розвитку // СвітлоLux. – К., 2004. -№ 4. –С.44-45.

Додаток 1.

Таблиця Д.1. Значення параметрів шорсткості поверхонь залежно від способу їх обробки і реалізації різного обладнання в межах цього способу

Види обробки	Висота нерівностей, мкм											
	320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04
Лиття												
Кування												
Холодний прокат												
Волочіння												
Штамповка												
Слюсарна обробка												
Сверління												
Фрезерування												
Стругання												
Розгортання												
Точіння												
Підрізка торця												
Розточування												
Шліфування												
Полірування												

Примітка: Розширену інформацію стосовно способів позначення шорсткості поверхонь на кресленнях наведено в [12].

Навчальне видання

**Петченко Гліб Олександрович,
Литвиненко Анатолій Савелійович,
Ляшенко Олена Миколаївна**

Конспект лекцій

з дисципліни

«Технологія світлотехнічного виробництва»

(для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання
напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»
спеціальності «Світлотехніка і джерела світла»)

Редактор *М. З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2010, поз. 98 Л

Підп. до друку 08.06.2010 р.

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум.-друк. арк. 6,4

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.